

“Determinación de la Prefactibilidad para la Instalación de una Planta Extractora de Aceite de Semilla de Maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) en el Departamento de Matagalpa, Nicaragua”

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Químico

Elaborado por:

Br. Juhaziel Jireh Cruz Pérez

Carnet: 2019-0960U

Br. Claudia Deniss Moreira Zepeda

Carnet: 2019-0876U

Tutor:

Ing. Nelly Ivette Betanco Figueroa

Managua, 05 mayo 2025

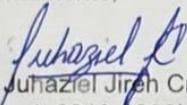
MSc. José M. Méndez Úbeda
Director Área de Conocimiento de Agricultura
Su Despacho
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

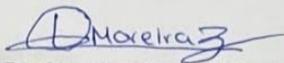
Estimado MSc. Méndez, Reciba sincero saludo de nuestra parte:

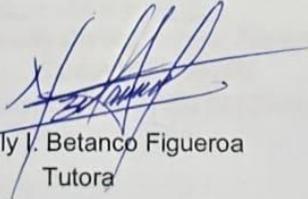
El motivo de la presente es para solicitarle la programación de Pre defensa del trabajo monográfico titulado "**Determinación de la Prefactibilidad para la Instalación de una Planta Extractora de Aceite de Semilla de Maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa) en el Departamento de Matagalpa, Nicaragua.**", trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero Químico, que fue revisado por la Ing. Nelly Ivette Betanco Figueroa, quien fue designada como Tutora de dicho trabajo con fecha 28 de enero 2025. Nuestros datos son los siguientes: Br. Juhaziel Jireh Cruz Pérez, Carnet: 2019-0960U y Br. Claudia Deniss Moreira Zepeda, Carnet: 2019-0876U

Agradeciéndole su atención a la presente y esperando una pronta respuesta a esta solicitud, nos despedimos, deseándole éxito en sus funciones.

Atentamente,


Br. Juhaziel Jireh Cruz Pérez,
Carnet: 2019-0960U


Br. Claudia Deniss Moreira Zepeda
Carnet: 2019-0876U


~~Ing. Nelly I. Betanco Figueroa~~
Tutora

cc: Sr. Alejandro Javier Vallecillo Romero. Responsable Culminación de Estudios DACA.



Bachilleres

JUHAZIEL JIREH CRUZ PEREZ
CLAUDIA DENISS MOREIRA ZEPEDA

Estimados Bachilleres:

Atendiendo a su solicitud, de cambio de tutor de **MONOGRAFÍA**, titulada **“DETERMINACION DE LA PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYA (PASSIFLORA EDULIS F. FLAVICARPA) EN EL DEPARTAMENTO DE MATAGALPA, NICARAGUA”**, por problemas planteados en su solicitud la cual se venía desarrollando con **Ing. José Francisco Vilchez Manzanares**. Pasaría a ser Tutoriada por el **Ing. Nelly Ivette Betanco Figueroa**.

Esta Dirección de Área de Conocimiento de Agricultura aprueba la misma, Sin otro particular, me despido.

Atentamente,



MSc. Miguel Antonio Fonseca Chávez
Director de Área de Conocimiento de Agricultura
DACA

CC: Archivo

Tutor – **Ing. Nelly Ivette Betanco Figueroa**
- **MSc. Helia Vanessa Taleno Oporta / Secretaria Académica DACA**



Universidad Nacional de Ingeniería
Área de Conocimiento de Agricultura
Formas de Culminación de Estudios

REF.DACA.FCE.461.2024
Managua, 29 de Noviembre del 2024

Bachilleres

JUHAZIEL JIREH CRUZ PEREZ
CLAUDIA DENISS MOREIRA ZEPEDA

Estimada Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado: "**DETERMINACION DE LA PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYA (PASSIFLORA EDULIS F. FLAVICARPA) EN EL DEPARTAMENTO DE MATAGALPA, NICARAGUA**". Ha sido aprobado por el Director de Área de Conocimiento de Agricultura.

Asimismo, les comunico estar totalmente de acuerdo, que el **Ing. José Francisco Vilchez Manzanares**. Sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **29 de Mayo del 2025**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente



MSc. Miguel Antonio Fonseca Chávez
Director de Área de Conocimiento de Agricultura
DACA

CC: Archivo

Tutor – Ing. José Francisco Vilchez Manzanares
MSc. María Esther Baltodano / Secretaria Académica DACA

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Ingeniería por brindarnos la oportunidad de formarnos en sus aulas, permitiéndonos adquirir los conocimientos y habilidades que hoy nos acercan a la culminación de esta etapa tan importante en nuestra vida profesional.

A todos los profesores que, con dedicación y compromiso, compartieron su conocimiento y experiencia con nosotras, guiándonos en nuestro crecimiento académico y personal, les extendemos nuestro más profundo reconocimiento.

De manera especial, queremos agradecer al Ingeniero José Vílchez, cuya orientación y apoyo fueron clave en las primeras etapas de nuestra monografía. Su compromiso con nuestro aprendizaje dejó una huella invaluable en este proceso. Del mismo modo, expresamos nuestra gratitud a la Ingeniera Nelly Betanco, quien nos acompañó con paciencia y dedicación hasta la culminación de este trabajo. Su guía y confianza fueron fundamentales.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al Ingeniero Onil Morales y al Ingeniero Mauricio Gutiérrez, quienes nos brindaron su apoyo durante la fase experimental en el laboratorio. Su disposición, conocimientos y asistencia fueron esenciales para el desarrollo de nuestra investigación.

A cada uno de ustedes, gracias por ser parte de este camino. Su apoyo y enseñanza han sido un pilar en nuestra formación, y siempre los llevaremos con gratitud en nuestro corazón.

Juhaziel Jireh Cruz Pérez

Claudia Deniss Moreira Zepeda

DEDICATORIA

A mi mamá, **Arlen Pérez**, quien me ha demostrado el significado de fortaleza y la capacidad de ser imparable ante las dificultades. Siempre dispuesta a compartir mi carga y, de ser posible, llevarla sola sobre sus hombros, como lo hizo durante mucho tiempo. Nunca podre retribuir, de ninguna manera, tanto amor y sacrificio. Este y cada uno de mis logros le pertenecen, porque son por ella y para ella. Te amo, mamá, y no hay mayor privilegio que ahora poder ser tu apoyo, tal como siempre lo has sido para mí.

A mi soñador papá, **Israel Cruz**, quien me ha transmitido el deseo profundo por el conocimiento a través de su incansable deseo por aprender. Su resiliencia ante las adversidades han sido ejemplo de superación, que me han dado la seguridad para enfrentarme a las dificultades con entereza. Gracias por brindarme tantas oportunidades, por tus atenciones y por enseñarme el verdadero valor del esfuerzo y la dedicación. Ser tu hija es un orgullo inmenso. Te amo y admiro.

A mi padrastro, **Eddy Araica**, quien me ha brindado todo lo que he necesitado y me ha amado como a una hija. Su apoyo incondicional siempre estará presente en mi corazón. Eres y siempre serás parte de mi familia. Te quiero y agradezco todo lo que has hecho por mí; este logro no sería posible sin ti.

A mi abuela, **Xiomara Zamora**, quien siempre me motivo a dar lo mejor de mí, a plantearme metas y me inculco la importancia del esfuerzo y la disciplina. Gracias por cuidarme, por apoyarme en cada etapa de mi vida académica y por tenerme siempre presente en tus oraciones. Te amo.

A mi invaluable hermano, **Jeremy Cruz**, por ser mi confidente en los momentos más difíciles, por celebrar cada uno de mis logros con genuina alegría y por brindarme siempre su amor y apoyo incondicional. Gracias por recordarme que nunca estoy sola y que, sin importar lo que pase, siempre estarás esperándome, para reír hasta no poder más o para escucharme, consolarme y comprenderme. Te amo profundamente.

A mi querida amiga, **Ashley Mena**, por creer en mí incondicionalmente y por cuidar tanto de mi mente como de mi corazón. Gracias por ser mi refugio y por ofrecerme tu mano, tu compañía y tu cariño en los momentos más vulnerables de este proceso. Te quiero muchísimo y siempre te estaré agradecida, porque sé que, sin importar en quién me convierta, siempre comprenderás y estarás orgullosa.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que me han apoyado en la culminación de mis estudios, especialmente a mis tías **Ana Xiomara Pérez** y **Marginy Pérez** y mi amada prima **Carolina Torres**. Su ayuda en momentos de necesidad, su preocupación por mi bienestar han sido un regalo invaluable en mi camino. Las quiero.

Juhaziel Jireh Cruz Pérez

DEDICATORIA

Con inmenso amor y gratitud, dedico esta monografía a quienes han sido parte fundamental de mi camino. Este trabajo es el resultado de años de esfuerzo, sacrificio y dedicación, y no habría sido posible sin el apoyo de personas especiales que han estado a mi lado en cada paso.

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida, la fortaleza y la oportunidad de llegar hasta aquí. Sin Su guía y bendiciones, este momento no sería posible.

A mis padres, **Lino Moreira** y **Cándida Zepeda**, quienes, a pesar de las dificultades y diferencias, siempre han estado ahí para mí. Gracias por inculcarme los valores de perseverancia, disciplina y responsabilidad, que me han permitido superar cada reto. Su amor y apoyo incondicional han sido mi mayor motivación para seguir adelante.

A mi pareja, **Joshua Pavón**. Gracias por estar a mi lado en cada etapa de este proceso, por ayudarme a superar los obstáculos y por recordarme, en los momentos más difíciles, porqué valía la pena seguir adelante. Tus palabras de aliento y tu apoyo incondicional hicieron que cada noche de estudio y cada desafío fueran más llevaderos. Este logro también es tuyo.

A mis hermanos, madrina y amigos, por su cariño, su apoyo y por recordarme siempre que no estaba sola en este camino.

Finalmente, me dedico esta monografía a mí misma, porque este trabajo representa el esfuerzo, la disciplina y la perseverancia que me han acompañado a lo largo de estos años. Ha sido un camino lleno de aprendizajes, desafíos y crecimiento personal, y hoy puedo decir con orgullo que cada sacrificio ha valido la pena.

Este logro es el resultado del esfuerzo colectivo de todos los que me han acompañado en este viaje. A cada uno de ustedes, gracias por ser parte de mi historia.

Claudia Deniss Moreira Zepeda

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la prefactibilidad para la instalación de una planta extractora de aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) en el departamento de Matagalpa, Nicaragua. Para ello, se llevó a cabo un análisis integral que incluyó estudios de mercado, técnico y financiero, complementados con pruebas experimentales para optimizar el rendimiento de extracción.

El estudio de mercado permitió identificar la demanda del producto a partir de encuestas aplicadas en Managua, estableciendo un consumo per cápita de 352.19 mL por persona al año y una demanda actual local de 352 865,08 Kg anuales, proyectada para los próximos cinco años. También se analizó la oferta existente en función de datos históricos de importación y exportación, obteniendo como resultado una oferta actual local de 2 473,06 Kg anuales. A partir de estos valores, se calculó la demanda potencial insatisfecha y se estableció un canal de distribución eficiente para la comercialización del aceite.

Desde el enfoque técnico, se determinó el volumen de producción considerando el 5% de la demanda potencial insatisfecha, y se calcularon las capacidades de diseño, sistema y real de la planta. En cuanto a la localización de la planta, se seleccionó el departamento de Matagalpa como macro localización debido a su proximidad a los proveedores de materia prima, mientras que la micro localización se estableció en la comunidad de Chagüitillo, municipio de Sébaco, mediante la aplicación del método cualitativo por puntos.

A partir del volumen de producción calculado, se definió el plan de producción para el período 2025-2030. Se calcularon los balances de materia y energía, considerando un proceso de extracción mixto que integra prensado en frío y extracción por solvente. En base a los resultados de los balances, se determinaron los requerimientos tecnológicos y se realizaron los diagramas de bloques y de flujo de procesos. Además, se diseñó la distribución de la planta con la aplicación del método System Layout Plan (SLP) y se estableció la estructura organizativa, al igual que la mano de obra necesaria para la operación eficiente de la planta.

El análisis financiero consideró la inversión en activos fijos y diferidos, así como los costos de producción, los cuales ascendieron a 2 832 239,08 dólares. La inversión inicial requerida fue de 3 376 610,27 dólares. Se calcularon los costos unitarios y el precio de venta de las presentaciones de 30 y 50 mL, proyectando ingresos totales de 35 214 363,95 dólares. Se evaluaron diversas opciones de financiamiento, seleccionándose un crédito del Banco Banpro, y se compararon dos escenarios financieros. La opción con un 70% de financiamiento resultó la más viable, con una tasa interna de retorno de 1,36. Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad ante un incremento del 20% en ingresos y costos.

Como parte del estudio experimental, se analizaron los efectos de tres factores en el rendimiento de extracción, incluyendo condiciones de secado, tipo de solvente y pretratamiento de trituración. Se empleó un diseño factorial completo 2^k con ocho tratamientos y dos réplicas, analizando los datos mediante Minitab 19.

Los resultados mostraron que las condiciones óptimas para maximizar el rendimiento de extracción fueron un secado a 60°C durante cuatro horas, el uso de hexano como solvente y la aplicación del pretratamiento de trituración. Estos parámetros fueron utilizados para proyectar el proceso a escala industrial.

En conclusión, se demostró la viabilidad técnica, económica y operativa para la instalación de una planta extractora de aceite de semilla de maracuyá. A lo largo del estudio se recopiló información sobre las preferencias del consumidor para establecer la mejor forma de distribución y presentación del producto al mercado. Se diseñó un proceso productivo mayoritariamente automatizado, lo que permite reducir tanto los tiempos como los costos de producción. Además, los equipos y almacenes cuentan con la capacidad de adaptarse al incremento de la demanda durante los años del horizonte, debido a que se consideró un 20% de sobre diseño.

Los datos y resultados experimentales no solo fortalecen la propuesta técnica y productiva del proyecto, sino que también constituyen una base sólida para futuras investigaciones orientadas al aprovechamiento integral del fruto de maracuyá. En este sentido, dicha base experimental representa un precedente para el desarrollo de nuevas líneas de investigación, particularmente aquellas enfocadas en el diseño y evaluación de procesos destinados al aprovechamiento de los subproductos generados durante la extracción del aceite de semilla de maracuyá. Así, no solo se agrega valor a las semillas, sino también a otros componentes del fruto y a los residuos generados durante el proceso, promoviendo el desarrollo de soluciones innovadoras bajo un enfoque de economía circular.

Contenido

I. Introducción	1
II. Objetivos	2
2.1. Objetivos General	2
2.2. Objetivos Específicos.....	2
III. Marco Teórico	3
3.1. Maracuyá (<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i>)	3
3.1.1. Generalidades	3
3.1.2. Composición del maracuyá	4
3.1.3. Distribución geográfica en Nicaragua	5
3.2. Aceite.....	8
3.2.1. Aceite de maracuyá	9
3.2.2. Composición del aceite de maracuyá	9
3.2.3. Actividad antioxidante del aceite de maracuyá	12
3.2.4. Propiedades fisicoquímicas del aceite de maracuyá	13
3.2.5. Usos y beneficio del aceite de maracuyá.....	14
3.2.6. Extracción de aceite de semilla de maracuyá.....	16
3.3. Análisis de Mercado	21
3.3.1. Demanda	21
3.3.2. Oferta.....	21
3.3.3. Canales de distribución.....	22
3.4. Análisis Técnico.....	22
3.5. Análisis Financiero	23
3.5.1. Valor presente neto	23
3.5.2. Tasa interna de retorno	24
3.5.3. Relación beneficio - costo.....	24
IV. Metodología.....	26
4.1. Estudio de mercado.....	26
4.2. Estudio técnico	27
4.2.1. Generalidad de la planta.....	27
4.2.2. Proceso productivo	28
4.2.3. Estructura de la planta extractora	29
4.3. Estudio Financiero.....	29
4.4. Diseño Experimental	30
4.4.1. Tipo de investigación	30
4.4.2. Factores y niveles.....	30
4.4.3. Tratamiento	30
4.4.4. Variable respuesta.....	32
4.4.5. Definición de la unidad experimental	32
4.4.6. Control local.....	32
4.4.7. Modelo matemático	33
4.4.8. Tamaño de la muestra	33
V. Discusión de Resultados	34
5.1. Estudio de Mercado.....	34
5.1.1. Producto.....	34
5.1.2. Análisis de la demanda	36
5.1.3. Análisis de la oferta	40
5.1.4. Demanda potencial insatisfecha.....	43
5.1.5. Análisis de precios	43
5.1.6. Comercialización	44

5.2.	Estudio Técnico	45
5.2.1.	Tamaño de la planta	45
5.2.2.	Localización de la planta	46
5.2.3.	Descripción del proceso productivo	50
5.2.4.	Requerimientos tecnológicos	62
5.2.5.	Obras civiles	76
5.2.6.	Planificación del talento humano	85
5.3.	Estudio Financiero	87
5.3.1.	Inversión financiera	87
5.3.2.	Costos de producción	95
5.3.3.	Capital de trabajo	101
5.3.4.	Inversión inicial	103
5.3.5.	Ingreso	104
5.3.6.	Fuentes de financiamiento	105
5.3.7.	Resultados de análisis financiero	107
5.3.8.	Decisión	108
5.3.9.	Análisis de sensibilidad	109
5.4.	Diseño Experimental	111
5.4.1.	Material	112
5.4.2.	Método	112
5.4.3.	Resultados del diseño experimental	121
5.4.4.	Análisis estadístico	121
VI.	Conclusiones	126
VII.	Recomendaciones	128
VIII.	Definiciones	129
IX.	Glosario	130
X.	Bibliografía	131
XI.	Anexos	142
11.1.	Anexo A: Figuras	142
11.2.	Anexo B: Tablas	157
11.3.	Anexo C: Graficas de los Resultados de la Encuesta Realizada	166
11.4.	Anexo E: Balance de Materia y Energía	174
11.4.1.	Balance de materia	174
11.4.2.	Balance de energía	188
11.5.	Anexo E: Fichas Ocupacionales	195

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Morfología del Maracuyá.....	4
Figura 3.2: Composición proximal del maracuyá variedad amarilla (<i>Passiflora edulis</i> f. flavicarpia) (g/100g de peso seco)	5
Figura 3.3: Mapa de los principales municipios productores de maracuyá en el departamento de Matagalpa, Nicaragua	6
Figura 3.4: Mapa de las zonas climáticas de Nicaragua.....	8
Figura 5.1: <i>Canal de distribución corto</i>	44
Figura 5.2: <i>Micro localización de la planta extractora</i>	49
Figura 5.3: Diagrama de bloques del proceso.....	57
Figura 5.4.1: Diagrama de flujo de proceso.....	59
Figura 5.4.2: Diagrama de flujo de proceso.....	60
Figura 5.4.3: <i>Diagrama de flujo de proceso</i>	61
Figura 5.5: Matriz System Layout Plan (SLP).....	82
Figura 5.6: Diagrama de hilo	83
Figura 5.7: Plano general maestro	83
Figura 5.8: Cronograma de actividades	85
Figura 5.9: Organigrama de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá.....	85
Figura 5.10: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados del diseño factorial 2^k	123
Figura 5.11: <i>Gráfica normal de efectos estandarizados del diseño factorial 2^k</i>	123
Figura 5.12: <i>Gráfica de efectos principales para el rendimiento de extracción</i>	124
Figura 5.13: <i>Gráfica de interacción para el rendimiento de extracción</i>	124
Figura 5.14: <i>Gráfica de interacción para el rendimiento de extracción</i>	125
Figura A.1: Esquema de extractor por percolación	142
Figura A.2: Esquema de extractor mixto percolación inmersión	142
Figura A.3: Calculo del Consumo per Cápita (CPC).....	143
Figura A.4: Calculo de la densidad absoluta del aceite de maracuyá.....	143
Figura A.5: Cálculos realizados para determinar la proyección de la oferta local	144
Figura A.6: Replicas o corridas en la familia de diseños 2^k	144
Figura A.7: Requerimientos de hipoclorito de sodio al 12% en el proceso de lavado.....	144
Figura A.8: Requerimiento de agua en el extractor por solvente	144
Figura A.9: Dimensiones y área de los equipos de la planta extractora	145
Figura A.10: Consumo de combustible de la caldera (Galón/hora)	145
Figura A.11: <i>Giro con maniobra en una intersección en T</i>	145
Figura A.12: <i>Cantidad de cajas a almacenar de productos final en ambas presentaciones</i> ...	146
Figura A.13: <i>Cantidad de cajas a almacenar de botellas de vidrio</i>	146
Figura A.14: <i>Cálculo del área de producción requerida</i>	146
Figura A.15: <i>Cálculo del área de control de calidad requerida</i>	147
Figura A.16: <i>Cálculo del área administrativa-financiera requerida</i>	147
Figura A.17: <i>Cálculo del área de comercio requerida</i>	147
Figura A.18: <i>Cálculo del área de recursos humanos requerida</i>	147
Figura A.19: <i>Cálculo del área de comedor/casillero requerida</i>	148
Figura A.20: <i>Cálculo del área de servicios sanitarios requerida</i>	148
Figura A.21: <i>Dimensiones mínimas de estacionamiento en ángulo de 90°</i>	148
Figura A.22: <i>Cálculo del área de estacionamiento requerida</i>	149
Figura A.23: Gastos de venta	149
Figura A.24: Costos de materia prima antes del primer ingreso.....	149
Figura A.25: <i>Sacos de frutos de maracuyá adquiridos para la parte experimental</i>	149

Figura A.26: <i>Resultado prueba piloto con metanol como solvente</i>	150
Figura A.27: <i>Muestra de los frutos de maracuyá tomado del lote comprado</i>	150
Figura A.28: <i>Limpieza de las semillas por inmersión en un tanque de flotación</i>	150
Figura A.29: <i>Humedad de las semillas después del proceso de limpieza</i>	151
Figura A.30: <i>Preparación de las semillas de maracuyá para el proceso de secado</i>	151
Figura A.31: <i>Humedad de las semillas secas a las dos condiciones de secado</i>	151
Figura A.32: <i>Semillas antes y después del proceso de secado</i>	152
Figura A.33: <i>Semillas trituradas para los tratamientos 1 y 3</i>	152
Figura A.34: <i>Relación material-disolvente a nivel experimental</i>	152
Figura A.35: <i>Extractor Soxhlet Gerhardt EV6 A11/16 utilizado en la parte experimental</i>	153
Figura A.36: <i>Rotavapor marca Büchi modelo B-480 utilizado en la parte experimental</i>	153
Figura A.37: <i>Proceso de extracción por solvente del tratamiento 2 (réplica 1)</i>	153
Figura A.38: <i>Harina residual del proceso de extracción Soxhlet</i>	154
Figura A.39: <i>Proceso de filtrado del aceite bruto del tratamiento 1 (réplica 2)</i>	154
Figura A.40: <i>Aceite de semilla de maracuyá extraído con hexano al 95%</i>	154
Figura A.41: <i>Aceite de semilla de maracuyá extraído con éter de petróleo</i>	155
Figura A.42: <i>Aceite de semilla de maracuyá extraído en la parte experimental</i>	155
Figura A.43: <i>Medición de la densidad del aceite de semilla de maracuyá</i>	155
Figura A.44: <i>Ecuación de regresión del diseño factorial 2^k</i>	156
Figura A.45: <i>Ecuación de regresión del diseño factorial 2^k</i>	156
Figura C.1: <i>Distribución por rangos de edad de los encuestados</i>	166
Figura C.2: <i>Distribución por género de los encuestados</i>	166
Figura C.3: <i>Productos cosméticos más utilizados por los encuestados</i>	167
Figura C.4: <i>Marcas de productos cosméticos favoritas de los encuestados</i>	167
Figura C.5: <i>Cualidades esenciales valoradas en productos cosméticos</i>	168
Figura C.6: <i>Preferencia de lugares de compra de productos cosméticos</i>	168
Figura C.7: <i>Fuentes de información utilizadas para conocer nuevos productos cosméticos</i> ...	169
Figura C.8: <i>Conocimiento de los encuestados sobre el aceite de maracuyá</i>	169
Figura C.9: <i>Beneficios del aceite de maracuyá percibidos como más atractivos</i>	170
Figura C.10: <i>Factores que motivan a probar el aceite de maracuyá</i>	170
Figura C.11: <i>Distribución porcentual de encuestados dispuestos a comprar aceite de maracuyá</i>	171
Figura C.12: <i>Frecuencia estimada de compra de aceite de maracuyá por los encuestados</i> ...	171
Figura C.13: <i>Cantidad de frascos de aceite de maracuyá que comprarían los encuestados</i> ..	172
Figura C.14: <i>Presentación de producto preferida por los encuestados</i>	172
Figura C.15: <i>Cantidad dispuesta a pagar por la presentación estándar</i>	173
Figura D.1: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de envasado</i>	174
Figura D.2: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de filtrado</i>	175
Figura D.3: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de prensado</i>	177
Figura D.4: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de extracción por solvente</i>	178
Figura D.5: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de evaporación</i>	180
Figura D.6: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de trituración</i>	180
Figura D.7: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de clasificación</i>	181
Figura D.8: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de secado</i>	182
Figura D.9: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de limpieza</i>	183
Figura D.10: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de despulpado</i>	184
Figura D.11: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de lavado</i>	185
Figura D.12: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de selección</i>	187
Figura D.13: <i>Esquema del balance de materia en el proceso de recepción de materia prima</i> 188	
Figura D.14: <i>Cálculo de la entalpía de vapor a una calidad de 90%</i>	191
Figura D.15: <i>Cálculo del contenido del Hc</i>	191

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Variedades de maracuyá (cálala) en Nicaragua	6
Tabla 3.2: Tabla comparativa de la composición de ácidos grasos en aceite de semilla de maracuyá	10
Tabla 3.3: Composición de tocoferol del aceite de semilla de maracuyá	11
Tabla 3.4: Composición de esteroides del aceite de semilla de maracuyá	12
Tabla 3.5: Actividad antioxidante del aceite de semilla de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims) ..	13
Tabla 3.6: Características físico-químicas del aceite de semilla de maracuyá	14
Tabla 3.7: <i>Tipos de prensado para la extracción de aceite</i>	18
Tabla 3.8: Clasificación de los tipos de demanda	21
Tabla 4.1: Niveles para cada factor de la extracción de aceite de semilla de maracuyá	30
Tabla 4.2: Matriz del diseño factorial 23 de la extracción de aceite de semilla de maracuyá ...	31
Tabla 5.1: Proyección de la demanda local 2025-2030	40
Tabla 5.2: Proyección de la oferta histórica 2012-2025	41
Tabla 5.3: Proyección de la oferta local 2025-2030	42
Tabla 5.4: <i>Demanda potencial insatisfecha (DPI) 2025-2030</i>	43
Tabla 5.5: <i>Proyección del volumen de producción 2025-2030</i>	45
Tabla 5.6: Capacidad de diseño, capacidad del sistema, capacidad real de la planta	46
Tabla 5.7: Factores de localización y sus pesos relativos asignados	47
Tabla 5.8: Calificación y asignación cualitativa	48
Tabla 5.9: Alternativas de terrenos a evaluar para la micro localización	48
Tabla 5.10: <i>Resultados de la micro localización por el método cualitativo por punto</i>	48
Tabla 5.11: Programa de producción 2025-2030	51
Tabla 5.12: <i>Flujos máxicos de cada una de las corrientes del proceso 2025-2030</i>	55
Tabla 5.13: Resultados de los balances de energía en las etapas del proceso requerido	56
Tabla 5.14: Simbología del diagrama de flujo de proceso	58
Tabla 5.15: Requerimientos de los equipos del proceso	62
Tabla 5.16: Requerimientos de equipos de manipulación	63
Tabla 5.17: Requerimientos de materiales, equipos y mobiliario del área de producción	63
Tabla 5.18: Requerimientos de equipos de transporte	63
Tabla 5.19: Requerimientos de materia prima e insumos 2025-2030	64
Tabla 5.20: Requerimientos de materiales de envases y embalaje 2025-2030	64
Tabla 5.21: Requerimientos de equipos en el área de control de calidad	66
Tabla 5.22: Requerimientos de materiales y mobiliario en el área de control de calidad 2025-2030	66
Tabla 5.23: Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios en el área administrativa-financiera	67
Tabla 5.24: <i>Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios en el área comercio</i>	67
Tabla 5.25: Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios del área de recursos humanos	68
Tabla 5.26: <i>Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios del área comedor/casillero</i> ..	68
Tabla 5.27: Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios del área de sanitarios	69
Tabla 5.28: Requerimientos de agua 2025-2030	70
Tabla 5.29: Requerimiento de combustible	71
Tabla 5.30: <i>Requerimientos energéticos de los equipos de proceso</i>	71
Tabla 5.31: Requerimientos energéticos de los equipos del área de producción	72
Tabla 5.32: Requerimientos energéticos de los equipos del área de control de calidad	72
Tabla 5.33: Requerimientos energéticos de los equipos del área administrativa-financiera	73

Tabla 5.34: Requerimientos energéticos de los equipos del área comercio.....	73
Tabla 5.35: Requerimientos energéticos de los equipos del área de recursos humanos	74
Tabla 5.36: Requerimientos energéticos de los equipos del área comedor/casillero y servicios sanitarios	74
Tabla 5.37: Requerimientos indirectos de la planta extractora.....	75
Tabla 5.38: Distribución de la planta por área	81
Tabla 5.39: Código de orden de proximidad entre las áreas de la planta.....	81
Tabla 5.40: Código de razones de proximidad entre las áreas de la planta	81
Tabla 5.41: Leyenda del diagrama de hilo	82
Tabla 5.42: <i>Programa de actividades</i>	84
Tabla 5.43: <i>Requerimientos de mano de obra indirecta</i>	86
Tabla 5.44: Requerimiento de mano de obra indirecta	86
Tabla 5.45: Equipos de producción	87
Tabla 5.46: <i>Equipos de manipulación</i>	88
Tabla 5.47: Materiales, equipos y mobiliario del área de producción	88
Tabla 5.48: Equipos de transporte.....	89
Tabla 5.49: <i>Equipos del área de control de calidad</i>	89
Tabla 5.50: Materiales y mobiliario del área de control de calidad	89
Tabla 5.51: Materiales, equipos y mobiliarios del área administrativa-financiera	90
Tabla 5.52: Materiales, equipos y mobiliarios del área de comercio	91
Tabla 5.53: Materiales, equipos y mobiliarios del área de recursos humanos	91
Tabla 5.54: Materiales, equipos y mobiliarios del área de comedor/casillero	92
Tabla 5.55: Materiales, equipos y mobiliarios del área de sanitarios	92
Tabla 5.56: Obras civiles	93
Tabla 5.57: Inversión total de activos fijos	93
Tabla 5.58: <i>Inversión de activos diferidos</i>	94
Tabla 5.59: Costo total de materia prima e insumos 2025-2030	95
Tabla 5.60: Costos de envases, etiquetas y cartón de 30 mL.....	95
Tabla 5.61: Costos de envases, etiquetas y cartón de 50 mL.....	96
Tabla 5.62: Costos de las cajas de cintas de embalaje	96
Tabla 5.63: Costos de materiales indirectos	96
Tabla 5.64: Costos de mano de obra directa	97
Tabla 5.65: Costo de mano de obra indirecta	98
Tabla 5.66: Costo de consumo de agua	98
Tabla 5.67: Costos de consumo de combustible	98
Tabla 5.68: Costos de consumo energético.....	99
Tabla 5.69: Depreciación anual total	99
Tabla 5.70: Costo de mantenimiento	100
Tabla 5.71: Costos totales de operación.....	100
Tabla 5.72: Costos de envases y embalaje de 45 días.....	102
Tabla 5.73: Inventario total	102
Tabla 5.74: Valor del activo circulante	103
Tabla 5.75: Inversión inicial	103
Tabla 5.76: Costos unitarios	104
Tabla 5.77: Precio de venta.....	104
Tabla 5.78: Proyección de ingresos totales del producto 2025-2030	105
Tabla 5.79: TMAR mixta.....	106
Tabla 5.80: Tabla de pago del financiamiento del 70%.....	107
Tabla 5.81: Estado de resultado sin financiamiento.....	108
Tabla 5.82: Estado de resultado con financiamiento del 70%.....	108
Tabla 5.83: Evaluación de los indicadores financieros de decisión.....	109

Tabla 5.84: Estado de resultado con un aumento del 20% de los ingresos totales.....	110
Tabla 5.85: Evaluación de indicadores financieros con el aumento del 20% de ingresos totales	110
Tabla 5.86: Estado de resultado con un aumento del 20% de los costos operativos	111
Tabla 5.87: Evaluación de indicadores financieros con el aumento del 20% de costos operativos	111
Tabla 5.88: Datos experimentales del proceso de lavado y pesaje de frutos de maracuyá	113
Tabla 5.89: <i>Datos experimentales del proceso de separación (semillas, pulpa, cáscara)</i>	113
Tabla 5.90: <i>Datos experimentales del proceso de limpieza por inmersión</i>	114
Tabla 5.91: <i>Composición del fruto de maracuyá</i>	115
Tabla 5.92: <i>Datos experimentales del proceso de secado</i>	115
Tabla 5.93: <i>Datos experimentales del proceso de trituración</i>	116
Tabla 5.94: <i>Datos experimentales del proceso de extracción por solvente (réplica 1)</i>	117
Tabla 5.95: <i>Datos experimentales del proceso de extracción por solvente (réplica 2)</i>	118
Tabla 5.96: <i>Composición de hexano en el proceso de extracción por solvente (réplica 1)</i>	118
Tabla 5.97: <i>Composición de hexano en el proceso de extracción por solvente (réplica 2)</i>	119
Tabla 5.98: <i>Datos experimentales del proceso de filtrado del aceite bruto</i>	119
Tabla 5.99: <i>Densidad del aceite de semilla de maracuyá</i>	120
Tabla 5.100: <i>Resultado del rendimiento de extracción por réplica de los tratamientos</i>	121
Tabla 5.101: <i>Resumen del diseño factorial 2^k generado en Minitab 19</i>	121
Tabla 5.102: <i>Coeficientes codificados</i>	122
Tabla 5.103: <i>Análisis de varianza</i>	122
Tabla B.1: Temperatura media, máxima y mínima por mes en Nicaragua.....	157
Tabla B.2: Composición de escualeno y esteroides promedio en aceite de semilla de maracuyá	157
Tabla B.3: Actividad antioxidante del aceite de semilla de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> f. flavicarpa)	157
Tabla B.4: Precio de los productos de competencia en diferentes puntos de ventas en el municipio de Managua.....	158
Tabla B.5: Clasificación de las alternativas de terrenos según los factores de localización	159
Tabla B.6: Días feriados nacionales obligatorios	160
Tabla B.7: Plan de mantenimiento de la planta	161
Tabla B.8: Equipos del laboratorio del área de calidad e hidrolavadora.....	161
Tabla B.9: Equipos utilizados en el laboratorio para la parte experimental	161
Tabla B.10: Utensilios y materiales utilizados en el laboratorio para la parte experimental....	162
Tabla B.11: Composición de semillas y pulpa remanente a nivel experimental e industrial	162
Tabla B.12: <i>Punto de ebullición de los solventes empelados en la parte experimental</i>	162
Tabla B.13: <i>Coeficientes de determinación del modelo factorial 2^k</i>	163
Tabla B.14: <i>Datos experimentales tomados para el proceso a nivel industrial</i>	163
Tabla B.15: Información de los equipos del proceso	163
Tabla B.16: Información de los equipos de manipulación	164
Tabla B.17: Información de envases y embalaje	165
Tabla B.18: Información de Equipos de transporte	165
Tabla D.1: Composición del aceite de semilla de maracuyá en el proceso industrial.....	176
Tabla D.2: Humedad del fruto de maracuyá	188
Tabla E.1: Ficha ocupacional del gerente general	195
Tabla E.2: Ficha ocupacional del gerente administrativo-financiero.....	195
Tabla E.3: Ficha ocupacional del jefe de contabilidad y finanzas	195
Tabla E.4: Ficha ocupacional del contador	196
Tabla E.5: Ficha ocupacional del jefe de compra y logística.....	196
Tabla E.6: Ficha ocupacional del comprador	196

Tabla E.7: Ficha ocupacional de responsable de almacenamiento.....	197
Tabla E.8: Ficha ocupacional del gerente de producción.....	197
Tabla E.9: Ficha ocupacional del jefe de producción.....	197
Tabla E.10: Ficha ocupacional del operario de almacenamiento y transporte	198
Tabla E.11: Ficha ocupacional de operario de selección	198
Tabla E.12: Ficha ocupacional del operario de prensado y filtrado.....	198
Tabla E.13: Ficha ocupacional del operario de extracción por solvente.....	199
Tabla E.14: Ficha ocupacional del operario general	199
Tabla E.15: Ficha ocupacional del jefe de control de calidad.....	199
Tabla E.16: Ficha ocupacional del analista de control de calidad	200
Tabla E.17: Ficha ocupacional del electromecánico	200
Tabla E.18: Ficha ocupacional del gerente de comercio.....	200
Tabla E.19: Ficha ocupacional del vendedor	201
Tabla E.20: Ficha ocupacional del responsable de marketing	201
Tabla E.21: Ficha ocupacional del jefe de servicios generales	201
Tabla E.22: Ficha ocupacional del conductor	202
Tabla E.23: Ficha ocupacional del vigilante	202
Tabla E.24: Ficha ocupacional del personal de limpieza	202
Tabla E.25: Ficha ocupacional del gerente de recursos humanos.....	203
Tabla E.26: Ficha ocupacional del asistente de recursos humanos.....	203

I. Introducción

En los últimos años, la demanda de productos naturales y sostenibles en la industria de aceites vegetales ha crecido notablemente. En este contexto, el aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) surge como una alternativa prometedora, especialmente en la industria cosmética, por su riqueza en ácidos grasos poliinsaturados y antioxidantes como la vitamina E, los cuales aportan beneficios como hidratación profunda, mejora de la elasticidad y protección contra el envejecimiento prematuro. También presenta aplicaciones en los sectores alimentario y farmacéutico, lo que ha despertado interés en mercados internacionales.

Aunque el cultivo y procesamiento del maracuyá ha sido ampliamente estudiado, las semillas suelen considerarse un residuo, desaprovechando su potencial. Sin embargo, investigaciones han demostrado la viabilidad técnica y económica de extraer aceite de ellas, con buenos rendimientos y calidad del producto, lo que respalda la necesidad de su aprovechamiento industrial.

La transformación del maracuyá genera gran cantidad de residuos, especialmente semillas, que pueden representar hasta el 86 % de la fruta procesada. Instalar una planta extractora permitiría valorizar estos residuos, reducir el impacto ambiental y generar valor agregado, beneficiando especialmente a zonas productoras como Matagalpa, Nicaragua.

Este proyecto se alinea con los objetivos del Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano, al fomentar empleo, fortalecer capacidades locales y promover el uso sostenible de recursos. Asimismo, responde a los principios de la economía creativa, incentivando la innovación y el desarrollo de productos con valor agregado a partir de subproductos agroindustriales.

En este sentido, el presente estudio evalúa la prefactibilidad de instalar una planta extractora de aceite de semilla de maracuyá en Matagalpa, analizando aspectos técnicos, económicos y de mercado, incluyendo la demanda potencial, canales de distribución, competencia, y los principales indicadores financieros (VPN, TIR y B/C), para determinar la viabilidad del proyecto

II. Objetivos

2.1. Objetivos General

Determinar la prefactibilidad para la instalación de una planta extractora de aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) en el departamento de Matagalpa, Nicaragua.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un análisis de mercado para identificar la demanda potencial insatisfecha, los canales de distribución y los competidores claves.
- ✓ Identificar los requerimientos técnicos para la producción de aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)
- ✓ Elaborar un estudio financiero mediante la tasa interna de retorno, el valor presente neto y la relación beneficio - costo para demostrar la prefactibilidad del proyecto.

III. Marco Teórico

En este capítulo se abordan aspectos esenciales para comprender el estudio realizado. Se exploran los aspectos botánicos del maracuyá, destacando las propiedades, usos y beneficios del aceite de sus semillas, así como las tecnologías empleadas para su extracción. Además, se introducen conceptos claves que permiten analizar las tendencias del mercado y los indicadores financieros utilizados, facilitando la evaluación de la rentabilidad del proyecto.

3.1. Maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)

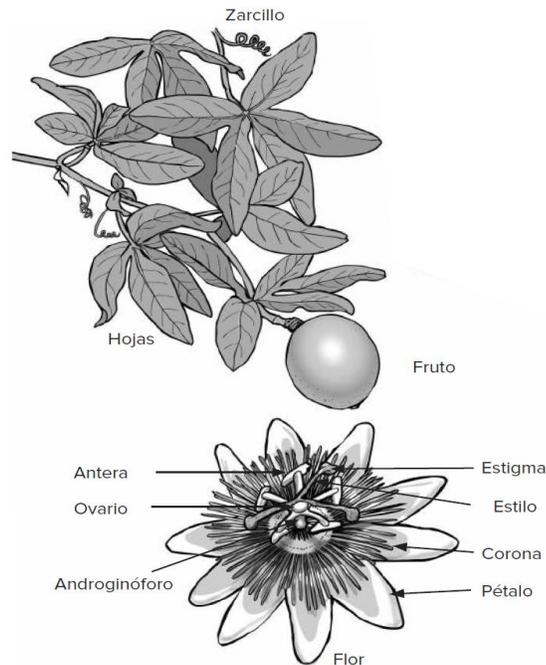
Según (Lemus, 1970), el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) es una fruta tropical que posee abundantes semillas con sabor agradable, además que brinda propiedades nutritivas que benefician la salud de las personas. El origen se deriva en Australia, ya que se adapta a condiciones de altas temperaturas y no soporta temperaturas inferiores a 0°C.

3.1.1. Generalidades

Según (INATEC & JICA, 2018), las generalidades del maracuyá son las siguientes:

- ✓ Raíz: Es ramificada, sin raíz pivotante, superficial, con una profundidad de 15 a 45 cm.
- ✓ Tallo: Es trepador, leñoso que puede alcanzar 15 m de largo, con zarcillos redondos, de forma espiral y longitud de 30 a 40 cm.
- ✓ Hoja: Simple, trilobulada, dentada, de color verde, brillante y pálida en su envés.
- ✓ Flor: Pueden alcanzar de 5 a 10 cm de diámetro. Son hermafroditas anfroginoforo bien desarrollado, posee pétalos blancos y sépalos color verdoso.
- ✓ Fruto: Es una baya ovoide que mide de 6 a 7 cm de diámetro y entre 6 y 12 cm de longitud.
- ✓ Semilla: Es de 3,5 mm de longitud, negra, plana y presenta pequeñas zonas hundidas. Están rodeadas de un arillo que es la parte comestible (que contiene azúcares y ácidos que presentan el sabor).

Figura 3.1: *Morfología del Maracuyá*



Tomado de *Manual del protagonista, Cultivos de frutas* (p.36), Por INATEC, 2018.

3.1.2. Composición del maracuyá

El maracuyá es conocido por sus altos niveles en fibras, vitaminas, riboflavina y niacina, por lo cual es un fruto que aporta cantidades bajas de grasas y alto valor energético, mejorando también la digestión y reforzando el sistema inmunológico. (Campos Rodriguez et al., 2023)

La composición del maracuyá *Flavicarpia* es:

- ✓ Pulpa: Esta compuesta por un 73% de agua, 22% de carbohidratos, 2% de proteínas y 0,7% de grasa. Contiene dos tipos de ácidos que es el cítrico y málico, por lo que el pH es de $3,10 \pm 0,054$. La cantidad de solidos solubles es de $12,43 \pm 0,15$. La pulpa también contiene vitamina C, niacina, riboflavina y algunos minerales como el potasio (que es el más abundante), magnesio, calcio y hierro. (Campos Rodriguez et al., 2023)
- ✓ Cascara: Es rica en vitaminas, minerales y fibra dietética. Proporcionando beneficios como la prevención de enfermedades cardiovasculares. Contiene aproximadamente 63,40% de fibra dietética, 23,41% de carbohidratos, 7,50% de ceniza, 4,82% de proteínas y 0,87% de grasas. (Campos Rodriguez et al., 2023)

- ✓ Semillas: Contienen minerales como sodio, magnesio, potasio y calcio. También están compuestas por un $7,38 \pm 0,07\%$ de humedad, un 30,39 de lípidos, 48,73% de carbohidratos y fibras. (Campos Rodriguez et al., 2023).

Figura 3.2: Composición proximal del maracuyá variedad amarilla (*Passiflora edulis f. flavicarpia*) (g/100g de peso seco)

Composición	Pulpa		Cáscara		Semilla	
	USDA (2019)	Adeyeye & Aremu (2017)	Dos Reis et al. (2018)	Adeyeye & Aremu (2017)	Dos Reis et al. (2018)	Liu et al. (2008)
Energía (kcal)	60	*	*	*	*	398,04
Humedad	84,21	87,50	87,14	29,5	57,09	10,8
Carbohidratos	14,45	11,9	85,78	66,2	71,07	36,06
Proteínas	0,67	0,23	3,40	0,703	13,07	10,8
Lípidos	0,18	*	4,20	0,805	12,31	23,4
Fibra	0,2	*	61,16	*	65,60	17,48
Cenizas	*	0,34	6,62	0,898	3,56	1,46
Minerales (mg/100g)						
Zinc (Zn)	0,06	0,10	1,00	0,130	4,10	0,055
Hierro (Fe)	0,36	2,42	3,20	3,18	5,20	0,2
Manganeso (Mn)	*	0,22	0,50	0,235	2,20	*
Fósforo (P)	25	26,6	140	13,9	310	1,25
Sodio (Na)	6	22,6	2,20	22,3	3,46	2,98
Magnesio (Mg)	17	0,73	120	0,580	150	1,54
Potasio (K)	278	24,7	2600	25,5	760	0,85
Calcio (Ca)	4	10,4	250	11,0	30,00	0,54

Tomado de *Maracuyá (Passiflora edulis): Composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo. Por* (Campos Rodriguez et al., 2023)

3.1.3. Distribución geográfica en Nicaragua

Según (Pérez Suarez, 2017) la distribución geográfica del cultivo de maracuyá se encuentra principalmente en el departamento de Matagalpa en los municipios de Matagalpa, Sébaco, San Ramón, Terrabona, San Dionisio, El Tuma-La Dalia y Matiguás, en este territorio las fincas se ubican entre los 450 y 1 100 metros sobre el nivel del mar; en el 2013 se reportaron 310 fincas productoras de maracuyá, distribuidas como se muestra en la figura 3.3. En estas fincas se georreferenciaron aproximadamente 300 manzanas (alrededor de 210 ha). Otros departamentos donde se produce el cultivo, pero en menor escala son: Rivas, Carazo, Masaya y Managua.

Figura 3.3: Mapa de los principales municipios productores de maracuyá en el departamento de Matagalpa, Nicaragua



Nota. La imagen muestra el número de fincas ubicadas en los distintos municipios de Matagalpa donde se producen maracuyá, se destacan los municipios de Matagalpa con 131 fincas y San Ramón con 47 fincas. Tomado de *Producción de Maracuyá (Passiflora edulis Sims) en el departamento de Matagalpa* (p.6), por Pérez Suarez, O. B. (2017).

Variedad de maracuyá en Nicaragua

De acuerdo con (MEFCCA, 2022), en Nicaragua aún no hay variedades comerciales, sin embargo, se cultivan la *Passiflora edulis var. Flavicarpa* (frutos de color amarillo) y la *Passiflora edulis var. Purpúrea* (frutos de color púrpura), en la tabla 3.1 se muestran las principales características de estas dos variedades. Se estima que en el departamento de Matagalpa (el mayor productor de maracuyá en Nicaragua) los frutos en una plantación son el 97% amarillo y un 3% morado (Pérez Suarez, 2017, pág. 7)

Tabla 3.1: Variedades de maracuyá (cálala) en Nicaragua

Variedad	Características				
	Peso del fruto (g)	Cantidad de semillas	Grados Brix	Cantidad de jugo (ml)	Rendimiento (Tm/ha)
Cálala púrpura	98 – 185	247 - 373	15,1 – 17,0	28,8 – 64,4	8 - 15
Cálala amarilla	103 - 148	241 - 332	12,9 – 15,7	38,1 – 47,3	6 - 12

Nota. La tabla contiene las principales características de las dos variedades de maracuyá (cálala) que se producen en Nicaragua. Tomado de *Cultivos de frutales* (p.38), por INACTEC & JICA, 2018.

Manejo agronómico del maracuyá

El cultivo de maracuyá se rige por requerimientos edafoclimáticos óptimos, requiere de clima caliente-húmedo, con temperaturas entre los 22°C y 28°C, precipitaciones anuales entre 1 200 mm a 2 000 mm y humedad relativa entre el 75 % y 85%. En climas calientes muy secos el maracuyá se puede desarrollar, pero los rendimientos son menores (Chacón, 1988).

De acuerdo con (Escobar Torres & Cabrera, 2006), los cultivos de maracuyá se desarrollan mejor a una altitud mayor a los 1 000 m.s.n.m, con pendiente menores a 30%. Además, el suelo para este frutal debe ser profundo, de textura liviana y bien drenado, con buen contenido de materia orgánica, en suelos con problemas de drenajes el exceso de humedad puede favorecer el desarrollo de enfermedades radiculares que son limitantes para el cultivo (Chacon, 1988).

Condiciones climáticas en Nicaragua para el cultivo de maracuyá

Los suelos de Nicaragua presentan características ventajosas para el cultivo de maracuyá que cumplen con los requerimientos mencionado anteriormente. Según (INETER & DGOT, 2021) estas características son las siguientes:

- ✓ En Nicaragua predominan los suelos profundos (>90 cm) y moderadamente profundos (60 a 90 cm) esta característica les confiere una buena capacidad de desarrollo radicular, es decir, las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente, además de encontrar gran disponibilidad de humedad y nutrientes.
- ✓ Referente a la textura superficial en Nicaragua encontramos mayormente son suelos franco arcilloso, franco arcillo arenoso y franco arcillo limoso, clasificados como textura moderadamente fina, por lo tanto, tiene una alta retención de humedad.
- ✓ En Nicaragua gran parte de los suelos son bien drenados lo que permite que el agua se mueve a través del suelo fácil pero no rápidamente. Los suelos bien drenados favorecen la respuesta de los cultivos para su desarrollo y producción agrícola al retener cantidades optimas de humedad para el crecimiento vegetal.
- ✓ En la región central y algunas partes de la región pacífica y atlántica de Nicaragua encontramos suelos con un relieve moderadamente escarpado, alomado, colinado y laderas (con una pendiente entre 8 – 15%) lo cual disminuye el riesgo de erosión.
- ✓ En Nicaragua en la región central el pH de los suelos incrementa de medianamente ácido (5,6 – 6,0) a ligeramente ácido (6,1 – 6,5), en la región atlántica el pH se incrementa de fuertemente ácido (5,1 a 5,5) a muy fuertemente ácido (4,5 – 5,0) por lo cual presenta una fertilidad baja a muy baja, en la región del pacífico el pH es neutro (6,6 – 7,3) con suelos que presentan fertilidad media alta, ideales para la mayoría de los cultivos por la gran disponibilidad de nutrientes que ofrecen.
- ✓ En Nicaragua en gran parte de las región central y atlántica la materia orgánica de los suelos es alta (4,1 – 8) incluso en algunos lugares llega a ser

muy alta (>8), mientras que en la región del pacifico encontramos niveles de materia orgánicas media (2,1 – 4) a baja (1,0 – 2).

Nicaragua es un país tropical que presenta condiciones óptimas de temperatura, humedad y precipitaciones para el cultivo de maracuyá. Según (INETER & DGOT, 2021, pág. 33), Nicaragua está compuesta por cuatro zonas climáticas como se muestra en la figura 3.4, en las Zona subhúmeda (Zsh) las precipitaciones son adecuadas para el cultivo de maracuyá, debido a que varían de 1 200 a 2 000 mm/anales, con un periodo lluvioso de seis meses, prolongándose hasta ocho meses en las regiones de transición de las zonas húmedas.

Figura 3.4: Mapa de las zonas climáticas de Nicaragua



Nota. La figura muestra las cuatro zonas climáticas de Nicaragua compuesta por: Zona seca (Zs) con precipitaciones menores a 1200 mm/ anuales, Zona subhúmeda (Zsh) con 1 200 a 2 000 mm/anales, Zona húmeda (Zh) con 2000 y 3500 mm/anales y Zona perhúmeda (Zph) con precipitaciones mayores a 3500 mm/anales. Tomado de *PRIMER ATLAS NACIONAL DE SUELOS DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA 2021* (p.33), por (INETER & DGOT, 2021)

De acuerdo con (INETER, 2024) la temperatura media anual en Nicaragua es de 25,4°C, siendo la Región Norte y Central donde se registran temperaturas medias máximas y mínimas más favorables para el cultivo de maracuyá (ver tabla B.1 en anexos). De igual forma la humedad relativa promedio a nivel nacional es conveniente para el cultivo, ya que los registros demuestran que pueden variar de un valor mínimo de 74% en el mes de mayo a un valor máximo de 86% en los meses de octubre y noviembre.

3.2. Aceite

Según (Bailey, 2020), los aceites y las grasas son sustancias de origen vegetal o animal, que consisten predominantemente en mezclas de ésteres de la glicerina con los ácidos grasos, es decir, triglicéridos. Desde el punto de vista estructural, un triglicérido es un lípido que puede considerarse formado por la condensación de una molécula glicerol con tres de ácidos grasos, para dar como resultado tres moléculas de agua y una de un triglicérido.

De acuerdo con (Bailey, 2020), en general el término “aceite” se refiere a los triglicéridos que a temperatura ambiente son líquidos debido a que predominan los ácidos grasos insaturados (poseen doble enlace); mientras que, el término “grasa” se utiliza para los triglicéridos que a temperatura ambiente son sólidos, ya que, predominan los ácidos grasos saturados.

3.2.1. Aceite de maracuyá

El aceite de maracuyá se extrae de las semillas de la fruta, las cuales contienen una cantidad apreciable de aceite. Según (Proaño et al., 2020), este contenido de aceite varía entre 16,7% y 33,5%, en función de la metodología de extracción, el tipo de solvente utilizado, las condiciones de operación y la zona geográfica donde se cultiva la fruta.

El aceite de semilla de maracuyá puede definirse como un triglicérido de glicol, con un perfil de ácidos grasos predominantemente compuesto por ácidos grasos insaturados, como el ácido linoleico, que es esencial para el organismo humano (Proaño et al., 2020). Además del ácido linoleico, el aceite de maracuyá contiene otros compuestos de alto valor nutricional, principalmente los ácidos grasos oleico y palmítico (Pantoja Chamorro et al., 2017). Asimismo, estudios realizados por (Malacrida & Jorge, 2012) indican que los compuestos fenólicos presentes en el aceite de maracuyá le otorgan una actividad antioxidante significativa.

3.2.2. Composición del aceite de maracuyá

Diversos estudios sobre extracción de aceite, como los realizados por (Malacrida & Jorge, 2012), que emplearon el método Soxhlet con éter de petróleo como solvente y (Pantoja Chamorro et al., 2017), que utilizaron extracción con CO₂ supercrítico, han demostrado que el aceite de maracuyá está compuesto principalmente por ácidos grasos, alcanzando hasta un 89,04% de ácidos grasos insaturados en su composición total (ver tabla 3.2). En menor proporción, contiene tocoferoles, con una concentración de 499,30 mg por cada 1 000 g de aceite (ver tabla 3.3). También presenta compuestos fenólicos a una concentración de 1 314,13 mg/Kg y esteroides a una concentración de 6,36 mg/mL.

Composición de ácidos grasos

El aceite de semilla de maracuyá se compone principalmente de ácidos grasos insaturados, estos pueden llegar a conformar más del 80% de la composición total, como se muestra en la tabla 3.2. Los principales ácidos grasos presente en el aceite de maracuyá son el linoleico, oleico y palmítico; los dos primeros son ácidos insaturados, mientras que el último es saturado.

Tabla 3.2: Tabla comparativa de la composición de ácidos grasos en aceite de semilla de maracuyá

Ácidos grasos	Composición de ácidos grasos		
	Composición %		
	Estudio 1	Estudio 2	Estudio 3
Mirístico (C14:0)	-	0,06	-
Palmítico (C16:0)	9,73	8,73	14,16
Palmitoleico (C16:1)	0,11	0,24	0,23
Margárico (C17:0)	-	0,07	-
Margaroleico (C17:1)	-	0,05	-
Estearico (C18:0)	2,58	1,90	1,29
Oleico (C18:1 n-9)	13,83	16,05	16,33
Linoleico (C18:2 n-6)	73,14	72,26	67,53
Linolénico (C18:3 n-3)	0,41	0,11	0,46
Araquídico (C20:0)	0,10	0,34	-
Eicosenoico (C20:1)	0,10	0,10	-
Behénico (C22:0)	-	0,06	-
Lignocérico (C24:0)	-	0,03	-
Ácidos grasos saturados	12,41	10,96	15,45
Ácidos grasos insaturados	87,59	89,04	84,55

Nota. La composición de ácidos grasos en aceite de semilla de maracuyá para los Estudios 1, 2 y 3 corresponden a las variedades de maracuyá *Passiflora edulis f. flavicarpa*, *Passiflora edulis Sims var. Edulis* y *Passiflora edulis Sims* correspondientemente. Tomado de (Malacrida & Jorge, 2012), (Giuffrè, 2007) y (Pantoja Chamorro et al., 2017) para los datos del Estudio 1, 2 y 3 correspondientemente.

Composición de tocoferoles

El contenido de tocoferoles en el aceite de semilla de maracuyá es importante debido a que los tocoferoles y tocotrienoles son el grupo de sustancias antioxidantes mejor conocidas y más ampliamente utilizadas. Cada una de estas familias está formada hasta cuatro isómeros (α , β , γ , δ) con distintas capacidades para donar hidrógenos, que siguen el orden $\delta > \beta = \gamma > \alpha$ (Iglesias, 2009).

Según (Sayago et al., 2007), el término general vitamina E se utiliza para designar a estos grupos de ocho especies naturales de tocoferoles y tocotrienoles (α , β , γ , y δ) que se encuentra principalmente en los aceites vegetales. De acuerdo con el análisis de la composición de tocoferoles realizada por (Malacrida & Jorge, 2012), los principales tocoferoles en el aceite de semilla de maracuyá son γ y δ -tocopherol, este último predomina con 278,70 mg/Kg. Por otro lado, no se encontró α -tocopherol en el aceite como se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Composición de tocoferol del aceite de semilla de maracuyá

Composición de tocoferol	
Compuestos	Valores (mg/Kg)
Tocoferol total	499,30
α-tocoferol	-
β-tocoferol	54,00
γ-tocoferol	166,60
δ-tocoferol	278,70

Nota. La tabla presenta la composición de tocoferol para el aceite de semilla de maracuyá obtenido por extracción con éter de petróleo a 40-60°C utilizando un extractor Soxhlet durante seis horas. Tomado de *Aceite de Semilla de Maracuyá Amarillo (Passiflora edulis f. flavicarpa): Características Físicas y Químicas* (p.132) por (Malacrida & Jorge, 2012)

Composición de compuestos fenólicos

Según (Viña, 2013), los compuestos fenólicos constituyen un grupo diverso de metabolitos secundarios, caracterizados por poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH), de reacción ácida, unidos a un anillo aromático (grupo fenol). Estos compuestos se clasifican en taninos, ligninas y flavonoides, y se agrupan según por el número de sustituyentes fenólicos dentro de la molécula.

En relación de los compuestos fenólicos presentes en el aceite de maracuyá, (Malacrida & Jorge, 2012) reportaron una concentración de 1 314,13 mg/Kg. Estos compuestos están asociados con diversas propiedades fisiológicas, destacando sus efectos antiinflamatorios, anti lipídicos, antimicrobianos y antioxidantes (Meyer Torres et al., 2018)

Composición de esteroides

Los esteroides son compuestos característicos de todas las grasas y aceites naturales y en la mayoría de los casos constituyen la mayor porción del material insaponificable; sin embargo, no tienen interés puesto que son químicamente inertes y no toman parte en ninguna propiedad del aceite (Bailey, 2020).

Según (Bailey, 2020), los esteroides pueden encontrarse en los aceites, en forma libre, como ésteres de los ácidos grasos y como glucósidos. Los esteroides de los aceites vegetales se conocen colectivamente con el nombre de fitoesteroides, los más abundantes son el β-sitosterol, C₂₉H₅₀O, y el estigmasterol, C₂₉H₄₈O.

En la tabla 3.4 se presentan los resultados obtenidos por (Giuffrè, 2007) sobre la composición de esteroides en el aceite de semilla de maracuyá. Los principales fitoesteroides identificados fueron β-sitosterol (42,51%), estigmasterol (30,87%) y campesterol (11,14%). Otros esteroides detectados son Δ⁵-Avenasterol (3,69%), Δ⁷-Estigmastenol (2,60%), Δ⁷-Avenasterol (2,40%), brasicasterol (1,67%), campestanol (1,36%) y estigmastanol (1,18%). Los demás esteroides encontrados tenían una concentración inferior al 1,00%.

Tabla 3.4: Composición de esteroides del aceite de semilla de maracuyá

Composición de esteroides	
Esteroides	Composición %
Colesterol	0,34
Brassicasterol	1,67
Campesterol	11,14
Campestanol	1,36
Estigmasterol	30,87
RRT 0.90	0,81
RRT 0.91	0,18
Δ^7 -Campesterol	0,39
Clerosterol	0,53
β -Sitosterol	42,51
Estigmastanol	1,18
Δ^5 -Avenasterol	3,69
$\Delta^{5,24}$ -Estigmastadienol	0,33
Δ^7 -Avenasterol	2,40
Δ^7 -Estigmastanol	2,60

Tomado de *Chemical composition of purple passion fruit (Passiflora edulis Sims var. edulis) seed oil* (p.91) por (Giuffrè, 2007).

En el estudio realizado por (Pantoja Chamorro et al., 2017), se encontró una concentración de esteroides totales de 6,36 mg/mL en el aceite de semilla de maracuyá. Entre los esteroides identificados, el β -sitosterol fue el más abundante con 2,58 mg/mL, seguido por el estigmasterol (2,43 mg/mL), campesterol (0,78 mg/mL) y lanosterol (0,58 mg/mL) (ver tabla B.2 en anexos).

3.2.3. Actividad antioxidante del aceite de maracuyá

La actividad antioxidante corresponde a la constante de la tasa de un solo antioxidante contra un radical libre dado. La capacidad antioxidante es una medida de los moles de radicales libres captados por una solución de prueba específica, independiente de la actividad de cualquier antioxidante presente en la mezcla (Benítez Estrada et al., 2020)

En el estudio realizado por (Pantoja Chamorro et al., 2017), se utilizó el radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH*) para evaluar la actividad antioxidante del aceite de semilla de maracuyá, cuyos resultados se presentan en la tabla 3.5. El porcentaje de DPPH* remanente después de 8,50 minutos de reacción con el aceite de semillas de maracuyá fue de 58,767%. En comparación, (Malacrida & Jorge, 2012) obtuvieron un porcentaje de DPPH* remanente de 48% luego de 30 minutos de reacción (ver tabla B.3 en anexos).

En ambos estudios, los resultados indican que el aceite presentaba actividad eliminadora de radicales libres, es decir, contiene compuestos que reaccionaban directamente con el DPPH*, neutralizándolos. Esta actividad antioxidante sugiere que el aceite de semilla de maracuyá tiene un potencial considerable para aplicaciones en la industria alimentaria y cosmética.

Tabla 3.5: Actividad antioxidante del aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*)

Actividad antioxidante					
[Aceite] ^a	%[SPPH*]rem	Tiempo (min)	EC ₅₀ ^b	T _{EC50}	EA
0,75	36,39	9,17			
0,50	58,76	8,50	433,40	8,70	2,31 × 10 ⁻³
0,25	69,55	7,83			

Nota. ^aμL aceite/μL solución – ^bg aceite/g DPPH*. Tomado de *Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (Passiflora edulis Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO2 supercrítico* (p.184) por (Pantoja Chamorro et al., 2017).

La cantidad de aceite de maracuyá necesaria para disminuir la concentración inicial de DPPH* en un 50% (EC₅₀), obtenida por (Pantoja Chamorro et al., 2017), fue de 433,4 g aceite/g DPPH* y el tiempo necesario (T_{EC50}) fue de 8,70 minutos. Este valor de EC₅₀ del aceite de maracuyá fue inferior a los obtenidos por (Arranz et al., 2008), para otros aceites: nuez (1 514,3 g de aceite/g [DPPH*]), almendra (712,2 g de aceite/g [DPPH*]), avellana (478,5 g de aceite/g [DPPH*]) y maní (1 395,9 g de aceite/g [DPPH*]). (Malacrida & Jorge, 2012) señalan que este resultado es bastante significativo, ya que un menor valor de EC₅₀, indica un mayor poder antioxidante del aceite.

(Pantoja Chamorro et al., 2017) calcularon la eficiencia anti-radical (AE) del aceite de semilla de maracuyá como 1/EC₅₀, obteniendo un valor AE de 2,31 × 10⁻³. Según (Sánchez Moreno et al., 1999), la eficiencia anti-radical (AE) se clasifica en baja (AE < 1x10⁻³), media (1x10⁻³ < AE < 5x10⁻³), alta (5x10⁻³ < AE < 10x10⁻³) y muy alta (AE > 10x10⁻³). Por lo tanto, el aceite de semillas de maracuyá se clasifica en el grupo de mediana eficiencia anti-radical.

La actividad antioxidante del aceite de semilla de maracuyá, estudiada por (Pantoja Chamorro et al., 2017) y (Malacrida & Jorge, 2012), pareció estar influenciada por la cantidad de compuestos fenólicos y la composición de los tocoferoles, especialmente los γ y δ-tocoferol son antioxidantes muy activos y como se mencionó anteriormente fueron encontrados en la composición del aceite de maracuyá.

3.2.4. Propiedades fisicoquímicas del aceite de maracuyá

La tabla 3.6 presenta los valores obtenidos por (Malacrida & Jorge, 2012) sobre las propiedades fisicoquímicas del aceite de semillas de maracuyá, con excepción de la densidad y viscosidad, que fueron tomados del estudio realizado por (Giuffrè, 2007).

El índice de acidez (2,35 mg KOH/g) y el índice de peróxido (1,46 meq O₂/Kg) del aceite de semillas de maracuyá fueron comparados con los parámetros y rangos establecidos por el Codex Alimentarius (2023) para aceites vegetales comestibles. Esta define como parámetros de calidad un valor máximo de acidez de 4,0 mg KOH/g para aceites crudos y valores máximos de peróxido de 10 y 15 meq O₂/Kg para los aceites crudos y refinados, respectivamente. El aceite de semilla de

maracuyá presentó valores de acidez y peróxido por debajo de estos límites, lo que indica la buena calidad del aceite.

Tabla 3.6: Características físico-químicas del aceite de semilla de maracuyá

Características físico-químicas	
Características	Valores
Índice de refracción a 40°C	1,4682
Densidad relativa a 28°C	0,9170
Viscosidad a 40°C (cSt)	28,0000
Índice de acidez (mg KOH/g de aceite)	2,3500
Índice de peróxido (meq O ₂ /Kg de aceite)	1,4600
Índice de yodo (g I ₂ /100 g)	128,0000
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	190,7000
Materia insaponificable (%)	1,5100
Ácidos grasos libres (%)	1,1800
Estabilidad oxidativa (h)	7,8900

Tomado de *Yellow Passion Fruit Seed Oil (Passiflora edulis f. flavicarpa): Physical and Chemical Characteristics* (p.130) por (Malacrida & Jorge, 2012) y de *Chemical composition of purple passion fruit (Passiflora edulis Sims var. edulis) seed oil* (p.91) por (Giuffrè, 2007).

De acuerdo a la clasificación de los aceites según el índice de yodo, el aceite de semilla de maracuyá se clasifica como semi-secante (Índice de yodo entre 115 y 130 g I₂/100 g), lo que sugiere su posible uso en la industria alimentaria, en productos de limpieza y cosméticos (Malacrida & Jorge, 2012).

3.2.5. Usos y beneficio del aceite de maracuyá

El aceite de semilla de maracuyá tiene una variedad de usos y beneficios en la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica. Para indicar sus posibles aplicaciones en cada una de estas industrias es necesario tomar en cuenta las características del aceite, como el grado de insaturación y composición de ácidos grasos, la caracterización de los compuestos de la materia insaponificable, como tocoferoles y compuestos fenólicos.

Usos y beneficios del aceite de maracuyá en la industria cosmética

El aceite de semilla de maracuyá se emplea principalmente como acondicionador para la piel y el cabello, así como en las composiciones de productos de maquillaje, gracias a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, como se muestra en la tabla 3.2 (Malacrida & Jorge, 2012). Los ácidos grasos esenciales omega 3 (ácido linolénico), 6 (ácido linoleico) y 9 (ácido oleico) mejoran la función de barrera de la piel, contribuyen a su salud y apariencia, ayudan a retener la humedad, previniendo la sequedad cutánea (Rodero, 2024). El ácido linoleico presente en gran proporción en el aceite de maracuyá, tiene propiedades antiinflamatorias con aplicaciones cosmética para pieles sensibles e irritadas (Miguenz et al., 2023). Además, pueden ayudar a reducir la inflamación en el cuerpo (Morisset, 2024).

Según (Miguenz et al., 2023), el aceite de semilla de maracuyá tiene efecto antioxidante debido a su contenido de vitamina E (tocoferoles), conocida por sus beneficios para la salud de la piel. La vitamina E neutraliza radicales libres, ayudando a preservar la integridad de las células y tejidos, de esta manera protege a la piel contra los daños causados por factores ambientales, como la exposición a los rayos UV del sol, la contaminación del aire y otros agentes oxidativos (Morisset, 2024).

Debido a sus propiedades antioxidantes, el aceite de maracuyá contrarresta el daño celular en la piel, previniendo el envejecimiento prematuro, la aparición de arrugas, manchas oscuras e incluso el riesgo elevado de cáncer de piel. Además, estimula la producción de colágeno, una proteína esencial para la elasticidad y firmeza de la piel, lo que ayuda a reducir la aparición de arrugas y líneas finas (Morisset, 2024).

(Pantoja Chamorro et al., 2017) identificaron la presencia de escualeno en el aceite de maracuyá (ver tabla B.2 en anexos), un hidrocarburo triterpenoide poliinsaturado con propiedades antioxidantes. Este compuesto es un excelente emoliente que restaura la suavidad cutánea sin dejar residuo graso. Además, penetra profundamente en la piel y no es comedogénico, es decir, no provoca imperfecciones cutáneas. Se utiliza en la formulación de cremas, lociones, lápices labiales y en perfumería como fijador de fragancia (Miguenz et al., 2023). También se destaca por su alto poder hidratante y su capacidad para mejorar la elasticidad de la piel (Rodero, 2024).

Otros usos y beneficios del aceite de maracuyá

El aceite de maracuyá, con un perfil caracterizado por un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados y un bajo contenido de ácidos grasos saturados, se considera ideal para su uso como aceites comestibles. Esto sugiere su potencial aplicación en la cocina, ya sea como aceite para ensalada o en la formulación de margarina (Malacrida & Jorge, 2012).

Debido a la cantidad significativa de antioxidantes encontrados en el aceite de maracuyá, puede servir como una fuente dietética de antioxidantes naturales, ayudando a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento como el cáncer y las enfermedades cardíacas. Además, puede utilizarse como aditivo alimentario, mejorando la estabilidad y la calidad de los productos alimenticios (Malacrida & Jorge, 2012). El aceite de semilla de maracuyá, gracias a su contenido de vitamina E, puede ser utilizado en la formulación de productos que ayudan a reducir la inflamación y promueven la cicatrización de heridas (Morisset, 2024).

3.2.6. Extracción de aceite de semilla de maracuyá

Preparación de las semillas oleaginosas previo al proceso de extracción

- ✓ Recepción y almacenamiento de semillas: Los sistemas de recepción y almacenamiento de las semillas varían según su procedencia y la ubicación de las fabrica. Las fábricas modernas emplean equipos mecánicos como volcaduras y sistemas neumáticos, que permiten una rápida recepción y almacenamientos de las semillas en silo.

El almacenamiento puede presentar dificultades debido a la constitución de la semilla y el riesgo de fermentación si la humedad y la temperatura no es la adecuada. Se recomiendan humedad y temperaturas inferiores a 6% y 30°C respectivamente. No obstante, estos riesgos se minimizan con instalaciones que cuentan con equipos de secado, refrigeración y regulación-control (Baquero Franco, 1988).

- ✓ Limpieza: El proceso de limpieza consiste en eliminar de las semillas contaminantes como tierra, piedras, elementos mecánicos, estacas, tallos, hojas y demás desechos que pueden causar graves daños en las instalaciones del proceso. En general, se utilizan cribas planas o tambores rotatorios. Cuando existen partículas de hierro se usan imanes electromagnéticos, instalados en cintas transportadoras (Bailey, 2020)
- ✓ Secado de semilla: Para secar la materia prima, generalmente las semillas se colocan a exposición solar. Este proceso es realizado con tres finalidades: dar a las semillas la plasticidad que requieren para un prensado eficaz, insolubilizar los fosfatos y destruir las bacterias y mohos (Cefla Miranda, 2015); (Bailey, 2020)
- ✓ Trituración: Según (Bailey, 2020), la trituración de las semillas oleaginosas facilita la extracción del aceite, ya sea por prensado o por acción de los disolventes. Diversos estudios experimentales han demostrado que las semillas trituradas muy finas facilitan la extracción por medio de disolventes, ya que existe un menor recorrido entre el disolvente y el aceite, dentro y fuera de la semilla (Cefla Miranda, 2015).

Para la trituración de las semillas se emplean molinos de martillos o cizallas, cuando las semillas son especialmente duras, se suelen utilizar molinos de rodillos o de fricción por discos, ya que resultan más económicos (Cefla Miranda, 2015).

- ✓ Tratamiento térmico: Las semillas se someten a un tratamiento térmico (cocción) porque favorece el proceso posterior de extracción. Según (Baquero Franco, 1988), el calor permite que las gotas de aceite ultramicroscópicas repartidas en la masa de la semilla se una más fácilmente. Además, el aceite en la semilla está en estado de emulsión con proteínas, el

calor desnaturaliza las proteínas lo que causa la rotura de la emulsión y permite la separación del aceite de la masa de la semilla.

El tratamiento térmico al inactivar las enzimas lipolíticas, ayuda a preservar la calidad del aceite, ya que dichas enzimas pueden provocar su rápida degradación. Además, este proceso facilita el flujo del mesocarpio, lo que mejora la extracción del aceite (FAO/OMS, 1993). Sin embargo, la operación de calentamiento debe conducirse con cuidado, a fin de evitar alteraciones fisicoquímicas degradantes de la calidad del aceite a extraer (Baquero Franco, 1988).

Los equipos de calentamiento y acondicionamiento consisten en una carcasa cilíndrica calentada por vapor y un ajen con paletas agitadoras que remueven la masa de semillas para favorecer su calentamiento al contacto con las paredes. También permite inyectar agua o vapor para ajustar la humedad. Los acondicionadores modernos (cocedores) funcionan de forma continua y pueden ser verticales u horizontales (Baquero Franco, 1988).

Métodos de extracción

✓ Prensado

El proceso de prensado es el más antiguo y el más usado en la extracción de aceites vegetales a partir de semillas. En este proceso la semilla es prensada, en frío o en caliente, en una prensa del tipo hidráulico o de tornillo. Al ser sometida a presión, las gotas de aceite y los granos de grasa se separan de la masa de la semilla. Las gotas que no quedaron libres por la trituración, desgarran las paredes de la célula y se separan de la masa, pasando a través de sus canales (Valderrama et al., 1994).

Es recomendable que las semillas contengan un porcentaje mínimo de humedad (aproximadamente 5%) para favorecer el proceso de extracción. Esto se debe a que el agua atraviesa y ablanda el tejido celular, facilitando así los cambios de formas debido a la presión. También, con la humedad desaparecen los intersticios, en los cuales podría quedar aceite o lo absorbería al disminuir la presión. Este contenido de humedad es de importancia para aquellas semillas que tienen un alto contenido en aceite (Valderrama et al., 1994). En la siguiente tabla se presentan los dos tipos de prensado que existen:

Tabla 3.7: Tipos de prensado para la extracción de aceite

Tipos de prensado		
Tipo	Concepto	Equipos
Presado discontinuo	Se basa en la aplicación de presión sobre una masa de productos oleaginosos confinados en bolsas, telas mallas u otros artificios adecuados (Bailey, 2020).	<i>Prensas discontinuas tipo abierto</i> : las semillas se colocan en filtros de telas y se comprimen entre placas horizontales dentro de una jaula de columnas. Al levantar un vástago, las semillas se comprimen y el aceite fluye hacia una bandeja inferior (Cefla Miranda, 2015).
		<i>Prensas discontinuas tipo cerrado</i> : las semillas se colocan en una jaula que permite mayor presión, ideal para semillas duras. El aceite fluye a través de unas placas o barras ranuradas mientras un pistón hidráulico las comprime (Cefla Miranda, 2015).
Presado continuo	Se realiza comúnmente en prensas expeller o de tornillo, que soportan altas presiones. Generalmente el proceso se lleva a cabo en dos o tres etapas, incrementando la presión en cada una de ellas (Bailey, 2020)	<i>Prensa filtro (Strainer press)</i> : En esta prensa, un tornillo gira en una jaula perforada que permite la salida del aceite. Los espacios se ajustan según el material, y la torta se expulsa en escamas planas (Cefla Miranda, 2015).
		<i>Prensa cilindro con agujeros (Cylinder-hole press)</i> : Esta prensa expulsa el aceite por un agujero en el cilindro y la torta por una boquilla. Para evitar atoramientos, se calientan la carcasa y la boquilla antes de operar (Cefla Miranda, 2015).

Nota. La información fue recopilada de “DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE VEGETAL COMESTIBLE DE LAS SEMILLAS DE CHÍA (SALVIA HISPANICA L.) MEDIANTE PENSADO” de (Cefla Miranda, 2015) y “Aceite y grasas industriales” de (Bailey, 2020). *Elaboración propia.*

✓ Extracción con solventes

La extracción con solventes constituye el método más eficaz de obtención de aceite, siendo especialmente ventajosa en el tratamiento de semillas con bajo contenido oleaginoso (Bailey, 2020). Este método reduce el contenido de aceite de las semillas hasta menos de un 1%, en contraste con la extracción por prensado que deja un residuo aproximado de aceite de 6% (Valderrama et al., 1994).

La extracción con solventes es una típica operación de transferencia de masa, donde el solvente penetra en el sólido y el aceite contenido en él se hace miscible con el solvente. El proceso es más rápido cuando menos aceite contiene el disolvente y la cantidad extraída aumenta cuanto mayor sea la diferencia de concentración. Por esta razón, es más eficiente no dejar el disolvente en contacto con el material hasta la extracción completa, sino reemplazarlo por disolvente fresco. Posteriormente, el disolvente se separa del aceite, mediante métodos mecánicos o destilación (Valderrama et al., 1994). Antes de la extracción se deben limpiar y triturar la semilla. La temperatura requerida en el proceso (a veces más elevada) es proporcionada por el propio disolvente, por lo cual, las semillas trituradas no se calientan (Valderrama et al., 1994).

Tipos de extracción con solvente

Según (Baquero Franco, 1988), la extracción del aceite de una semilla oleaginosa por medio de solvente se puede realizar de tres formas:

- ✓ Por percolación, consistente en crear una lluvia de solvente sin inundar la masa de semilla (ver figura A.1 en anexos).
- ✓ Por inmersión, que se realiza cuando la masa de semilla va inmersa completamente en el solvente.
- ✓ Sistema mixto, consiste en la instalación de dos extractores en serie, uno primero por percolación y otro por inmersión (ver figura A.2 en anexos).

Tipos de solventes

Los solventes utilizados a nivel industrial son: pentano, hexano, heptano, éter etílico, éter dimetílico, diclorometano, cloroformo, acetona, metanol, etanol, octano, benceno, tricloroetileno y sulfuro de carbono. Aunque el tricloroetileno tiene un mayor poder solvente, el hexano es el más empleado actualmente debido a su capacidad para obtener aceites de mejor calidad, menor toxicidad, peligrosidad y corrosividad, además de ser más económico y accesible en el mercado (Baquero Franco, 1988); (Cefla Miranda, 2015).

Ventajas y desventajas de la extracción con solventes

El método de extracción por solvente es muy eficaz a escala de laboratorio y se realiza de forma casi automática, lo que reduce los costos de mano de obra. Sin embargo, a escala piloto o industrial, la eficacia se reduce y enfrenta varios inconvenientes: requiere grandes volúmenes de disolvente en relación con el aceite extraído, y la separación del disolvente incrementa los costos de producción.

Además, el proceso es más eficiente en sistemas continuos en contracorriente, donde el disolvente y las semillas deben mantenerse en contacto en direcciones opuestas. Si las partículas de semillas se desintegran, se dificultan la separación de las micelas y la circulación uniforme del disolvente, lo que puede llevar a procedimientos costosos y complejos (Cefla Miranda, 2015); (Bailey, 2020).

- ✓ Extracción mediante fluidos supercríticos

El punto crítico se define como la temperatura y la presión en las que las fases de gas y líquido son indistinguibles. Cuando un fluido se somete a condiciones por encima de su punto crítico, se encuentra en estado supercrítico y se conoce como fluido supercrítico (Esquivel & Vargas, 2007).

Los fluidos supercríticos son altamente atractivos como agentes extractores porque poseen densidades similares a los líquidos, lo que les confiere propiedades disolvente similares, pero a la vez su viscosidad es mucho menor (entre 5 y 20 veces menor) comparable a la de los gases. Esto ocasiona que los coeficientes de difusión

de los solutos en un fluido supercrítico sean mucho mayores que en un disolvente líquido. Por lo tanto, las extracciones con fluidos supercríticos son tan completas como las llevadas a cabo con disolventes líquidos y mucho más rápidas y eficientes, ya que su baja viscosidad favorece los fenómenos de transferencia de masa y la penetrabilidad en los poros (Valverde, 1995).

La extracción por fluidos supercríticos es una operación unitaria de transferencia de masa que se efectúa por encima del punto supercrítico del solvente. Este proceso permite controlar y ajustar propiedades como la difusividad, viscosidad y densidad del fluido mediante pequeños cambios en la presión y temperatura, lo que conlleva a una variación en la selectividad y el poder de solvencia de este (Esquivel & Vargas, 2007).

Etapas del proceso de extracción por fluidos supercríticos

Según (Esquivel & Vargas, 2007), el proceso de extracción por fluidos supercríticos cuenta con cuatro etapas básicas indispensables que son:

- ✓ Etapa de presurización: con el fin de alcanzar la presión necesaria del disolvente para la extracción que se requiere ya sea por medio de un compresor o una bomba.
- ✓ Etapa de ajuste de temperatura: remoción o adición de energía térmica ya sea con un intercambiador de calor, baños térmicos o resistencias eléctricas, para llevar el fluido comprimido a la temperatura de extracción requerida.
- ✓ Etapa de extracción: Es llevada a cabo en un recipiente extractor a alta presión, el cual contiene la matriz que será procesada. En esta etapa, el fluido entra en contacto con la matriz y arrastra el soluto deseado.
- ✓ Etapa de separación: Es mediante la cual se separa la sustancia extraída del solvente.

En general, este proceso inicia cargando el material en un recipiente de extracción. Posteriormente, el solvente (usualmente CO₂) se presuriza y luego calienta a una presión y temperatura por encima del punto crítico para convertirlo en un fluido supercrítico. Este fluido se pone en contacto con el soluto o matriz para extraer el compuesto deseado. Finalmente, el compuesto extraído se separa del solvente mediante variaciones en la temperatura o presión, o mediante el lavado del solvente (Esquivel & Vargas, 2007).

El dióxido de carbono (CO₂) es el fluido supercrítico más utilizado en este proceso debido a que es inerte, no tóxico, barato, alto grado de pureza y se lleva a estado supercrítico a baja temperatura (31 °C) y a una presión de fácil manejo (73 atm). La única desventaja del CO₂ es su carácter apolar, siendo un inconveniente para extracción de compuestos polares (Valverde, 1995).

3.3. Análisis de Mercado

(Baca Urbina G. , 2010) define el mercado como el área en que interaccionan las fuerzas de oferta y demanda al realizar transacciones de bienes y servicios determinados.

3.3.1. Demanda

También conocida como el Consumo Nacional Aparente (CNA), es la cantidad de bienes y servicios que se requieren en el mercado para satisfacer una necesidad a un precio determinado. Se puede expresar mediante la siguiente ecuación.

$$CNA = Produccion\ nacional + importaciones - exportaciones \quad (Ecuación\ 3.1)$$

En la siguiente tabla se presentan los diferentes tipos de demanda.

Tabla 3.8: Clasificación de los tipos de demanda

Según	Tipos de Demanda
La oportunidad	<i>Insatisfecha:</i> Es la cantidad de bienes que no alcanza para cubrir las necesidades. Que se determina a través de la siguiente expresión.
	$DPI = Demanda - oferta \quad (Ecuación\ 3.2)$
La necesidad	<i>Satisfecha:</i> Es la cantidad de bienes necesarios.
	<i>Bienes sociales:</i> Es lo que la sociedad requiere para su desarrollo.
	<i>Consumo suntuario:</i> Son los bienes que no son necesarios.
Temporalidad	<i>Continua:</i> Es la que permanece a través de los años, como la alimentación.
	<i>Cíclica:</i> Están relacionadas con los periodos del año.
Destino	<i>Bienes finales:</i> Son adquiridos directamente por el consumidor.
	<i>Bienes intermedios:</i> Son los bienes que necesitan algún procesamiento.

Nota: La información fue recopilada de "Evaluación de proyectos" de (Baca Urbina G. , 2010)

3.3.2. Oferta

Es la cantidad de bienes o servicio que los distintos productores ponen en disposición en un mercado. Según (Baca Urbina G. , 2010) los principales tipos de ofertas son:

- ✓ Competitiva: También conocida como mercado libre, la cual debido a la gran cantidad de productores está determinada por la calidad y precio que se ofrece al consumidor.
- ✓ Oligopólica: En este mercado se encuentran muy pocos productores.
- ✓ Monopólica: Solamente existe un productor de dicho bien o servicio, por lo cual domina totalmente en el mercado.

3.3.3. Canales de distribución

Es la ruta que sigue un producto desde su origen hasta llegar al consumidor final (Baca Urbina G. , 2010). Los tipos de canales de distribución son:

- ✓ Productores-consumidores: Es la vía más corta y rápida, ya que el consumidor va directamente a la industria a comprar.
- ✓ Productores-minoristas-consumidores: Se relacionan con mercados minoristas para que vendan el producto.
- ✓ Productores-mayoristas-minoristas-consumidores: El mayorista es un auxiliar de ventas.
- ✓ Productores-agentes-mayoristas-minoristas-consumidor: Es el más ocupado por aquellos productores que venden sus productos lejos de su sitio de origen.

3.4. Análisis Técnico

Según (Baca Urbina G. , 2010), el estudio técnico es una parte crucial en la evaluación de proyectos, ya que permite analizar cuatro aspectos fundamentales que son:

- ✓ Determinación del tamaño óptimo de la planta: Este aspecto depende de diversos factores, como la capacidad de los equipos instalados, la cantidad de producto que se desea producir, y el número de trabajadores disponibles por turno. Un tamaño adecuado asegura que la planta pueda operar de manera eficiente y rentable.
- ✓ Localización óptima de la planta: Para reducir costos y la correcta aceptación del proyecto se requiere considerar tanto factores cuantitativos, como los costos de materia prima, transporte, agua y energía, como cualitativos, tales como el clima y la actitud de las comunidades cercanas.
- ✓ Ingeniería del proyecto: Este componente se centra en el análisis de los equipos necesarios para la producción y la distribución física de los mismos dentro de la planta. Además, incluye el cálculo de las áreas que conformarán la instalación, asegurando un espacio de trabajo eficiente y seguro.
- ✓ Análisis administrativo: Aunque en esta etapa del proyecto se aborda de manera general, el análisis administrativo incluye aspectos legales y organizativos esenciales para el funcionamiento del proyecto. Estos aspectos

serán desarrollados con mayor profundidad en las etapas finales del proyecto.

Además de estos aspectos, es importante considerar el tipo de manufactura que se empleará para la producción del producto en estudio. (Baca Urbina G. , 2010) define la manufactura como la actividad de transformar insumos en productos finales, y clasifica los tipos de manufactura en cinco categorías:

- ✓ Manufactura por proyecto: Se utiliza cuando se elabora un producto específico para una única ocasión, como en prototipos.
- ✓ Manufactura por órdenes de producción: Este tipo se emplea cuando un cliente solicita una cantidad determinada de productos que deben cumplir con características específicas en un tiempo limitado.
- ✓ Manufactura por lotes: Es el tipo de manufactura más común, ya que permite producir grandes cantidades mediante operaciones repetitivas, lo que es ideal para productos con demanda regular.
- ✓ Manufactura por línea: Se utiliza cuando existe una alta demanda de un producto específico, lo que justifica la creación de una línea de producción exclusiva para ese producto.
- ✓ Manufactura de procesamiento continuo: Este tipo se aplica cuando una sola materia prima se transforma en diversos productos de manera ininterrumpida, en procesos que pueden durar meses o incluso años, como en la producción de combustibles.

La correcta selección del tipo de manufactura es crucial para optimizar los recursos y asegurar la eficiencia del proceso productivo, adaptándolo a las características del producto y las demandas del mercado.

3.5. Análisis Financiero

El análisis financiero es el proceso mediante el cual se analiza la viabilidad de un proyecto, tomando como base los recursos económicos que dispone una empresa y el costo total del proceso de producción. Este estudio forma parte de un estudio de mercado, donde toda la información recogida permite hacer un análisis de riesgo para dicho proyecto (Pérez, 2021).

3.5.1. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN), es un método de modelado financiero para evaluar la rentabilidad de las inversiones y proyectos propuestos. El valor depende de la tasa de interés a la que se ajusta el cálculo del VPN. El objetivo es poder realizar comparaciones entre los periodos en los que el proyecto tuvo diferentes flujos de

efectivo para determinar si conviene o no invertir en él. (Gasbarrino, 2023). Se calcula mediante la siguiente razón aritmética.

$$VPN = -I_0 + \sum \frac{C_n}{(1+r)^n} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial.

C_n : Flujo de caja generado en cada periodo.

n : Año en el que se va obteniendo el flujo.

r : Tasa de interés.

Según (Gasbarrino, 2023), para determinar si el proyecto es rentable o no, se debe de tomar en cuenta el resultado obtenido:

- ✓ Si el $VPN > 0$; quiere decir que la inversión es rentable, ya que los flujos de efectivos son mayores a la inversión inicial.
- ✓ Si el $VPN < 0$; la inversión no es favorable.
- ✓ Si el $VPN = 0$; es indiferente realizar la inversión, debido a que no se gana ni se pierde.

3.5.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR), es un porcentaje que indica el grado de beneficio o pérdida que tendrá una inversión. Este se relaciona con el valor presente neto, por lo que se toma como punto de partida, igualando el VPN a 0 y sustituyendo la tasa de interés por una incógnita que debe de ser despejada (HIPOTECAS.COM, s.f.)

Su cálculo está relacionado con el VPN, por lo que la ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$0 = -I_0 + \sum \frac{C_n}{(1+TMAR)^n} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Para determinar la rentabilidad se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Si la $TIR > TMAR$; el proyecto es rentable.
- ✓ Si la $TIR < TMAR$; el proyecto conllevará a pérdidas económicas.
- ✓ Si la $TIR = TMAR$; es indiferente, ya que no habrá pérdidas ni ganancias.

3.5.3. Relación beneficio - costo

La relación beneficio costo (B/C) es un proceso que se realiza para medir la relación que existe entre dicho proyecto y los beneficios que se obtienen. Cuyo objetivo es determinar la inversión es rentable o no (Rodrigues, 2023)

Para calcular el B/C se debe de calcular la suma de todos los beneficios netos, divididos entre la suma de los costos de inversión. (Conexión Esan, 2017)

$$B/C = \frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Costos de inversion}} \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

Se debe de considerar el siguiente criterio para saber si es rentable o no el proyecto:

- ✓ Si el $B/C > 1$; el proyecto es rentable, debido a que los beneficios son mayores que los costos.
- ✓ Si el $B/C < 1$; el proyecto no debe de ser considerado, puesto que los costos son mayores.
- ✓ Si el $B/C = 1$; no hay ganancias ni pérdidas, ya que los costos y beneficios son iguales.

IV. Metodología

En el presente capítulo se describió la metodología empleada para evaluar la prefactibilidad de la instalación de una planta procesadora de aceite de maracuyá. En primer lugar, se desarrolló un estudio de mercado con el fin de identificar la demanda del producto. Luego, se llevó a cabo el estudio técnico, en el que se detallaron el cálculo del tamaño de la planta, el proceso productivo a seguir y la estructura de la planta extractora. Posteriormente, se explicó el enfoque utilizado en el análisis financiero y, finalmente, se presentó el diseño experimental, donde se definieron el tipo de investigación, los factores, niveles, tratamientos y variables de respuesta.

4.1. Estudio de mercado

El estudio de mercado se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- ✓ Se definió el público objetivo del producto, abarcando a adolescentes de quince años hasta adultos de la tercera edad, debido a los múltiples beneficios que ofrece el aceite de maracuyá.
- ✓ Para identificar la demanda, se emplearon fuentes primarias y secundarias para la recopilación de información. En cuanto a las fuentes primarias, se realizó una encuesta dirigida al público objetivo con el fin de evaluar el interés en el producto. La encuesta se llevó a cabo de manera virtual y se aplicó en el municipio de Managua, específicamente en la Universidad Nacional de Ingeniería, alrededores y a personas cercanas a los investigadores. Para determinar el tamaño de muestra poblacional, se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2(N - 1) + Z^2 \sigma^2} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra poblacional a obtener.

N: Tamaño de la población total.

σ : Desviación estándar.

Z: Valor obtenido mediante niveles de confianza, el cual el valor mínimo es 1,96 que equivale al 95%

e: Limite aceptable de error.

- ✓ Se recopiló información sobre productos similares ofertados a nivel nacional con el objetivo de comprender la oferta existente en el mercado. Este análisis permitió obtener una visión más clara de la competencia y la disponibilidad del producto en el país.

- ✓ Una vez determinado el tamaño de la demanda en el mercado y analizada la oferta existente, se calculó la demanda potencial insatisfecha (DPI) utilizando la ecuación 3.2.
- ✓ Para determinar los canales de distribución, se analizaron las diferentes alternativas para ofrecer el producto en el mercado, desde la venta directa al consumidor hasta la distribución a través de minoristas y mayoristas.

4.2. Estudio técnico

4.2.1. Generalidad de la planta

Tamaño de la planta

Para determinar el tamaño de la planta, primero se proyectó el volumen de producción para los cinco años del horizonte de planificación. En base a esta proyección, se calcularon la capacidad de diseño, la capacidad del sistema y la capacidad real.

Capacidad de diseño (CD)

La Capacidad de Diseño (CD) es la tasa de producción de la planta en condiciones normales de operación (Sapag Chain, 2011). La CD se calculó con un 20% de sobre diseño respecto al Volumen de Producción (VP) en el año correspondiente, a través de la siguiente ecuación:

$$CD = (1 + 0.2) \times VP_n \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Capacidad del Sistema (CS)

La Capacidad del Sistema (CS) es la producción máxima que se puede alcanzar con los recursos humanos y máquinas trabajando de manera integrada (Sapag Chain, 2011). La CS se obtuvo ajustando la capacidad de diseño del año correspondiente mediante una reducción seleccionada del 90%. Para este ajuste se consideró factores como las condiciones del mercado a largo plazo, las altas especificaciones de calidad (que puede requerir ajuste en los procesos e inspecciones adicionales), y un mal balance entre equipo y mano de obra (Baca Urbina G. , 2013)

$$CS = 0.90 \times CD_n \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Capacidad Real (CR)

La Capacidad Real (CR) es el promedio anual de producción efectiva, de acuerdo con variables internas (capacidad del sistema) y externas (demanda), es decir, tomando en cuenta todas las posibles contingencias que se presenten en la producción y la venta del producto (Sapag Chain, 2011). La CR se calculó asumiendo que la planta opera al 90% de la capacidad del sistema del año

correspondiente, debido a efectos a corto plazo como la demanda actual, desempeño de los directivos (mala programación, estrategias y control deficiente, etc.), ineficiencia de los trabajadores (falta de aptitudes y bajo nivel de esfuerzo), e ineficiencia de las máquinas (paros, mantenimiento, reemplazo, etcétera) (Baca Urbina G. , 2013)

$$CR = 0.90 \times CS_n \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Ubicación de la planta extractora de aceite

Primero, se detallaron las razones por la cuales se eligió el departamento de Matagalpa como macro localización de la planta. Posteriormente, la micro localización se determinó mediante el método cualitativo por puntos.

4.2.2. Proceso productivo

Programa de producción

El programa de producción se calculó a partir del Tiempo Normal de operación (TNO), la capacidad de producción por hora de la planta, proyectados para los cinco años del horizonte. Para calcular el TNO se definieron los días feriados, el horario de trabajo de la planta y los días de mantenimiento de los equipos e instalaciones. Por otro lado, para determinar la capacidad de producción por hora, se consideró el volumen de producción proyectado para los cinco años del horizonte, así como TNO. El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad por hora} = \frac{\text{Volumen de Producción}_n}{\text{TNO}} \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

Selección del proceso de producción

De los métodos de extracción de aceite planteados en el acápite 3.2.6, se optó por un proceso combinado para la producción de la planta. Este proceso consiste en realizar una extracción por prensado inicial seguido de una extracción con solvente. La decisión de combinar los métodos fue tomada para optimizar el rendimiento del proceso, ya que, cuando se someten a prensado semillas oleaginosas la torta remanente retendrá el 6% de aceite (Valderrama et al., 1994). Por lo tanto, fue necesario incorporar una etapa adicional de extracción con solvente al proceso para recuperar el aceite residual de la torta y minimizar las pérdidas hasta menos de un 1%.

Por otro lado, el método por fluidos supercríticos, aunque asegura la ausencia de solventes en el producto final (mejor calidad) y ofrece un alto rendimiento, fue descartado debido a su elevado costo. Este método requiere equipos que operan a altas presiones y temperaturas, lo cual incrementa significativamente la inversión inicial y los costos operativos (Mio Falla & Farro Zegara, 2019).

Balance de Materia y energía

Aunque el estudio de prefactibilidad considera un horizonte de cinco años (2025-2030), los balances de materia y energía, así como la selección de los equipos de la planta extractora, se realizaron en base a la capacidad de diseño por hora proyectada para el año 2030. Esto se debe a que los equipos deben tener la capacidad para adaptarse al crecimiento de la Demanda Potencial Insatisfecha (DPI).

La capacidad de diseño por hora se calculó por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad de diseño por hora} = CD \times \frac{1}{\text{TNO}} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Requerimientos tecnológicos

Los requerimientos de equipos de procesos, así como las necesidades de agua, energía y combustibles, necesarios para el funcionamiento de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá, se determinaron a partir de los balances de materia y energía. De igual manera, los equipos, materiales, reactivos y mobiliario requerido en las distintas áreas de la planta, se calcularon considerando la distribución de la planta y la mano de obra requerida. Por último, se detallan los requerimientos indirectos de la planta, es decir, aquellos insumos que deben renovarse periódicamente.

4.2.3. Estructura de la planta extractora

Para determinar la estructura de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá, se llevó a cabo el dimensionamiento de las distintas áreas de acuerdo con los requerimientos del proceso. Posteriormente, se realizó la distribución de estas áreas aplicando la metodología System Layout Plan (SLP) y el diagrama de hilo, lo que permitió organizar y optimizar el espacio de la planta y el flujo de materiales y personal. Como resultado, se elaboró un Plano General Maestro, donde se muestra la distribución final de la planta.

En cuanto a la organización del personal, se determinó la mano de obra requerida, tanto directa como indirecta, para el correcto funcionamiento de la planta. Además, se realizó un organigrama y se elaboraron fichas ocupacionales, donde se detalla el puesto y sus respectivas funciones.

4.3. Estudio Financiero

El estudio financiero se realizó mediante la proyección de los flujos de caja esperados a lo largo de un periodo determinado. Estos flujos de caja incluyeron tanto los ingresos estimados por la venta del producto como los costos asociados a la operación de la planta, tales como materia prima, mano de obra y mantenimiento. Para evaluar la rentabilidad del proyecto, se utilizaron varios indicadores financieros

clave: el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio-Costo (B/C). Las fórmulas empleadas para estos cálculos fueron presentadas en las ecuaciones 3.3, 3.4 y 3.5, respectivamente.

Los resultados obtenidos de estos cálculos fueron analizados en comparación con los criterios establecidos en el acápite 3.5 del estudio. Este análisis permitió evaluar la rentabilidad económica del proyecto, determinando su capacidad para generar valor en función de la inversión inicial y los costos operativos.

4.4. Diseño Experimental

4.4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental, ya que se llevaron a cabo pruebas para evaluar los diversos factores que podían influir en el rendimiento de la extracción del aceite de semilla de maracuyá. A través de estos experimentos se recopilaron datos empíricos que permitieron analizar la factibilidad técnica y económica del proceso de extracción de aceite.

4.4.2. Factores y niveles

Durante el proceso de extracción de aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), se controlaron tres variables o factores. Estos fueron: las condiciones de secado (A), el tipo de solvente (B) y la aplicación del pretratamiento de trituración (C). Cada factor tuvo dos niveles, es decir, dos valores a los que operar, como se detalla en la tabla 4.1, donde se especifican los factores junto a sus correspondientes niveles.

Tabla 4.1: Niveles para cada factor de la extracción de aceite de semilla de maracuyá

Factor	Nivel	
	-1	+1
A Condiciones de secado	40 °C por 4 horas	60 °C por 4 horas
B Tipo de solvente	Hexano	Éter de petróleo
C Pretratamiento de trituración	Aplicar	No aplicar

Nota. Por convención el efecto de un factor se denota con una letra mayúscula y los niveles + y -, para alto y bajo denominados arbitrariamente. *Elaboración propia.*

4.4.3. Tratamiento

Se utilizó el diseño experimental factorial 2^k . Dado que se consideraron tres factores (A, B y C) y dos niveles, el número de tratamientos realizados fueron ocho ($2^3 = 8$). Las unidades experimentales se obtuvieron a partir de las ocho combinaciones posibles de los tres factores. Para ello, se creó la matriz de diseño de la siguiente forma: en la primera columna se alternaron los signos comenzando con por "-". En la segunda columna, los signos se alternaron de dos en dos y, en la tercera columna,

de cuatro en cuatro, siempre comenzando con el signo “-”, como se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Matriz del diseño factorial 2^3 de la extracción de aceite de semilla de maracuyá

Tratamiento	Factor A	Factor B	Factor C
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Elaboración propia.

Definición de los tratamientos

A continuación, se definieron los tratamientos propuestos en la matriz de diseño, con el propósito de evaluar el efecto de los tres factores establecidos.

- ✓ Tratamiento 1 (---): Las condiciones de secado fueron de 40°C por 4 horas, se usó hexano como solvente, y se aplicó el pretratamiento de trituración.
- ✓ Tratamiento 2 (+--): Las condiciones de secado fueron 60°C por 4 horas, se usó hexano como solvente, y se aplicó el pretratamiento de trituración.
- ✓ Tratamiento 3 (-+-): Las condiciones de secado fueron de 40°C por 4 horas, se usó éter de petróleo como solvente, y se aplicó el pretratamiento de trituración.
- ✓ Tratamiento 4 (++-): Las condiciones de secado fueron de 60°C por 4 horas, se usó éter de petróleo como solvente, y se aplicó el pretratamiento de trituración.
- ✓ Tratamiento 5 (--+): Las condiciones de secado fueron de 40°C por 4 horas, se usó hexano como solvente, y no se aplicó el pretratamiento de trituración.
- ✓ Tratamiento 6 (+++): Las condiciones de secado fueron de 60°C por 4 horas, se usó hexano como solvente, y no se aplicó el pretratamiento de trituración.
- ✓ Tratamiento 7 (-++): Las condiciones de secado fueron de 40°C por 4 horas, se usó éter de petróleo como solvente, y no se aplicó el pretratamiento de trituración.

- ✓ Tratamiento 8 (+++): Las condiciones de secado fueron de 60°C por 4 horas, se usó tricloroetileno como solvente, y no se aplicó el pretratamiento de trituración.

4.4.4. Variable respuesta

La variable respuesta en este diseño experimental fue el rendimiento de extracción del aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). El objetivo fue evaluar el efecto de los tres factores y sus ocho posibles combinaciones en el rendimiento de extracción, el cual, según (Pantoja Chamorro et al., 2017), se calculó mediante la siguiente ecuación en términos porcentuales (%P/P):

$$\text{Rendimiento} = \frac{PA}{PS} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

Donde:

PA: Peso de aceite extraído (g)

PS: Peso total de semilla utilizada para cada extracción (g)

4.4.5. Definición de la unidad experimental

“Se conoce como unidad experimental al material al cual se aplica un tratamiento dentro de una repetición en un ensayo” (Condo Plaza & Pazmiño Guadalupe, 2015). La unidad experimental de este estudio fue la cantidad de semillas de maracuyá que se procesaron en cada tratamiento, manteniendo las mismas condiciones en cada lote, es decir, se pesaron y limpiaron las semillas de manera uniforme. Al finalizar la extracción, se utilizó un método estándar para medir la cantidad de aceite obtenido y se registró los datos correspondientes.

4.4.6. Control local

El control local se llevó a cabo con el objetivo de minimizar las variaciones no deseadas durante el experimento. Algunas de estas medidas fueron:

- ✓ Se aseguro que las semillas utilizadas tuvieran las mismas condiciones de preparación y almacenamiento, y que fueran adquiridas del mismo proveedor, para evitar variaciones en su composición físico-química.
- ✓ Se mantuvo constante la temperatura en el laboratorio para evitar que afectara el proceso de extracción por solvente, ya que una variación en la temperatura podría disminuir la eficiencia de este proceso.
- ✓ Se utilizó el mismo equipo de laboratorio para cada tratamiento, garantizando que estuvieran correctamente calibrados para evitar problemas durante la extracción. Además, se siguió rigurosamente la metodología previamente establecida, minimizando así las variaciones en los resultados.

4.4.7. Modelo matemático

El modelo matemático empleado para analizar los resultados fue el diseño factorial completo 2^k con 2 réplicas, lo que resultó en un total de 16 corridas ($2 \times 2^3 = 16$) (ver figura A.6 en anexos). El análisis de los resultados se realizó utilizando el programa estadístico Minitab. Este modelo se seleccionó debido a su capacidad para describir como los factores (A, B y C) afectan la variable respuesta. Además, ofrece las siguientes ventajas, según (Fernández Bao, 2020):

- ✓ No es necesario ejecutar un gran número de experimentos por cada factor.
- ✓ Facilita la interpretación de las observaciones.
- ✓ Permite aumentar la cantidad de factores si se requiere de una investigación más amplia.

El modelo esta expresado por la siguiente ecuación (Fernández Bao, 2020, pág. 22):

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

Donde:

μ : Es el efecto promedio global.

τ_i : Es el efecto del nivel i-esímo del factor A.

β_j : Es el nivel j-esímo del factor B.

$(\tau\beta)$: Es el efecto de interacción entre τ_i y β_j .

ε_{ijk} : Es un componente del error aleatorio.

Este modelo permitió evaluar el impacto de los factores seleccionados sobre la variable respuesta, facilitando un análisis eficiente y comprensible de los resultados experimentales.

4.4.8. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra que se utilizó fue de 36 gramos de semillas de maracuyá en cada tratamiento y sus respectivas corridas. Esta muestra constante aseguro la uniformidad en las condiciones durante la fase experimental, garantizando resultados con la mínima variación.

V. Discusión de Resultados

5.1. Estudio de Mercado

5.1.1. Producto

Definición

El aceite de maracuyá es un aceite vegetal extraído de las semillas de la fruta *Passiflora edulis f. flavicarpa*. Se caracteriza por un alto contenido de ácidos grasos insaturados, como el ácido linoleico, oleico y palmítico, así como tocoferoles (vitamina E) y compuestos fenólicos. Su perfil químico le otorga propiedades antioxidantes, hidratantes y emolientes, convirtiéndolo en un producto valioso en diversas industrias, especialmente la cosmética, farmacéutica y alimentaria.

Usos del producto

El aceite de maracuyá posee múltiples aplicaciones en sectores como la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica, debido a sus propiedades beneficiosas. Aunque estas aplicaciones se detallan en el acápite 3.2.5 del documento, es importante destacar que el producto que se ofrece en el presente estudio está destinado exclusivamente para uso cosmético.

Esto debido a que, el aceite de maracuyá es ampliamente utilizado como ingrediente en productos para el cuidado de la piel y el cabello, gracias a su alto contenido de ácidos grasos esenciales (omega 3, 6 y 9) y vitamina E. Su capacidad para mejorar la función barrera de la piel ayuda a retener la humedad, prevenir la resequedad y proteger contra agentes externos como los rayos UV y la contaminación (Morisset, 2024). Además, sus propiedades antioxidantes contribuyen a combatir el envejecimiento prematuro al reducir arrugas y mejorar la elasticidad de la piel, mientras que su contenido de ácido linoleico aporta beneficios antiinflamatorios, siendo ideal para pieles sensibles e irritadas. También se utiliza como emoliente en lociones, cremas hidratantes y lápices labiales, ya que suaviza y acondiciona la piel sin dejar residuos grasos (Miguenz et al., 2023).

Material de empaques

Para el aceite de maracuyá, se ha seleccionado el vidrio como material de empaque para las distintas presentaciones que se ofrecerán a los consumidores. Esta elección se debe a que el vidrio es un material resistente e inerte, lo que garantiza que no haya interacción entre el aceite y el envase, protegiendo así el producto de la oxidación y preservando su pureza y calidad.

La transparencia del vidrio no solo resalta el color natural del aceite, sino que también mejora su atractivo visual. Además, el diseño hermético del envase actúa

como una barrera eficaz contra la humedad, los vapores y los gases, asegurando la integridad del producto a lo largo del tiempo (Cervera Fantoni, 2003).

Presentaciones

El aceite de maracuyá estará disponible en dos presentaciones, con un enfoque principal en la de 30 mL (1 oz), ya que fue la opción más aceptada por los encuestados interesados en adquirir el producto. Como alternativa, también se ofrecerá una presentación de 50 mL, siendo la segunda opción con mayor preferencia entre los participantes del estudio.

Mercado meta

Aunque la industria estará ubicada en el departamento de Matagalpa, debido a la abundancia de la materia prima, el mercado meta seleccionado para el aceite de maracuyá es el municipio de Managua. Esta decisión se basa en varias ventajas estratégicas, aunque implicará mayores costos logísticos por el traslado desde Matagalpa. Managua es la capital de Nicaragua y cuenta con una población urbana de 1 838 836 habitantes, según la (Alcaldía de Managua, 2024), Si bien este dato corresponde al año 2024, es razonable asumir que la población ha experimentado un crecimiento moderado en el último año, lo que incrementa aún más las oportunidades de mercado en esta región estratégica.

Además, la ciudad se destaca por ser el centro principal de distribución, ya que concentra la mayor cantidad de supermercados, centros comerciales que tienen tiendas físicas que venden productos cosméticos y farmacias. Esto ofrece una red extensa de canales de distribución, lo que facilitaría la comercialización del producto. Otro factor importante es que Managua tiene un elevado porcentaje de población económicamente activa, lo que asegura que los consumidores potenciales tengan la capacidad económica para adquirir el aceite de maracuyá.

Perfil de consumidores

El perfil del consumidor de aceite de maracuyá como producto cosmético abarca un amplio rango de edades, desde adolescentes de quince años hasta personas de la tercera edad de ambos géneros. Este grupo está compuesto por consumidores que buscan soluciones naturales y efectivas para el cuidado de la piel y el cabello. Los jóvenes se sienten atraídos por sus propiedades antiinflamatorias y equilibrantes, que ayudan a controlar problemas como el acné, así como por su capacidad para hidratar la piel y el cabello.

Por otro lado, los adultos y las personas mayores valoran sus beneficios antioxidantes, hidratantes y regenerativos, ideales para combatir los signos de envejecimiento, mejorar la elasticidad de la piel y fortalecer el cabello. Este perfil refleja una creciente preferencia por productos cosméticos versátiles y sostenibles que se adapten a las necesidades de diferentes etapas de la vida.

5.1.2. Análisis de la demanda

A como se menciona en el acápite 4.1, para cuantificar el análisis de la demanda del aceite de maracuyá, se utilizó fuentes primarias y secundarias para la recopilación de información. La fuente primaria consistió en la realización de una encuesta dirigida a los consumidores, con el fin de evaluar el interés en el producto.

Las fuentes secundarias incluyeron la recopilación de datos estadísticos oficiales emitidas por el gobierno, el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), la Dirección General de Servicios Aduaneros (DGA) y la Alcaldía de Managua.

Recopilación de información primaria (Encuesta)

Tamaño de la muestra

El proceso de recopilación de información mediante encuestas inició con el análisis de la población del municipio de Managua. De acuerdo con datos de la (Alcaldía de Managua, 2024), la población total estimada para el año 2024 es de 1 838 836 habitantes, distribuidos en los siete distritos que conforman este municipio. En el mismo documento se reporta una tasa de crecimiento poblacional interanual correspondiente al período 2019-2020 de 0.082%. Debido a la falta de información más actualizada o con un rango temporal más amplio, dicha tasa fue utilizada para realizar la proyección de la población al año 2025.

Para el cálculo del tamaño de la muestra, se consideró únicamente al público objetivo del producto, el cual comprende adolescentes a partir de los quince años hasta adultos de la tercera edad. Esto se fundamenta en que, según la (Alcaldía de Managua, 2024), este grupo forma parte de la población económicamente activa del municipio, representando el 64% del total. Además, se tomó en cuenta a este grupo porque, al formar parte de la población económicamente activa, tienen mayor capacidad para adquirir el producto. Por lo tanto, el público objetivo corresponde a un total de 1 176 855 habitantes.

Con estos datos, se realizó la proyección al año 2025 mediante la siguiente ecuación:

$$P_n = P_i * (1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

Donde:

P_n : Población del año a medir.

P_i : Población al inicio del periodo de diseño.

r: Tasa de crecimiento.

n: Número de años que comprende.

$$P_{2025} = 1\,176\,855 * (1 + 0,012)^1$$

$$P_{2025} = 1\,177\,820,02 \approx 1\,177\,820 \text{ habitantes}$$

Una vez obtenida la población actual, se calculó el tamaño de la muestra utilizando la ecuación 4.1. Para ello, se consideró un valor de desviación estándar de 0,5, un nivel de confianza del 95% (correspondiente a un valor de Z de 1,96) y un límite aceptable de error del 5%.

$$n = \frac{(1,96^2 * 0,5^2 * 1\,177\,820)}{(0,05^2 * (1\,177\,820 - 1)) + (1,96^2 * 0,5^2)}$$

$$n = 384,03 \approx 384 \text{ encuestas}$$

Finalmente, se concluyó que era necesario realizar 384 encuestas para garantizar resultados representativos en el análisis del mercado del aceite de maracuyá.

Aplicación de la encuesta

Las 384 encuestas comenzaron a realizarse el día 25 de octubre de 2024 y se finalizaron el día 21 de diciembre del mismo año. Como se indicó en el apartado 4.1 de la metodología, las encuestas se aplicaron de manera virtual a personas dentro del rango establecido, es decir, desde adolescentes de quince años hasta adultos de la tercera edad.

Entre los encuestados se incluyeron estudiantes, maestros, padres de familia, adolescentes, jóvenes y adultos mayores, con el objetivo de obtener una muestra diversa de la población en términos de poder adquisitivo y etapa de vida. Las encuestas se llevaron a cabo en varios puntos estratégicos, tales como la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), paradas de autobuses, alrededores de centros comerciales como Metrocentro, el Malecón de Managua, el parque Luis Alfonso Velásquez Flores y también a personas cercanas al entorno social de los investigadores.

Resultados de las encuestas

La encuesta realizada contenía de quince preguntas cerradas, de las cuales dos fueron dicotómicas, diez de opción múltiple con posibilidad de seleccionar una sola respuesta, y tres de opción múltiple con posibilidad de seleccionar varias respuestas. Las preguntas doce, trece y catorce permitieron recopilar la información necesaria para calcular el Consumo per Cápita (CPC). Los resultados obtenidos de cada una de las preguntas se presentan en el Anexo C.

A partir del análisis de los datos recopilados, se identificó que el 73% de los encuestados correspondía a personas jóvenes, de las cuales el 58% era de género femenino. Entre los usuarios de productos cosméticos, los más utilizados fueron aquellos destinados al cuidado del cabello y del rostro, observándose además una diversidad de marcas preferidas.

En cuanto a las cualidades más valoradas al momento de adquirir productos cosméticos, la eficacia ocupó el primer lugar con un 67%, seguida por el precio con un 12%. Asimismo, se evidenció que el 49% de los participantes prefería realizar sus compras en tiendas físicas. Las redes sociales se posicionaron con un 54% como el principal canal para conocer nuevos productos, seguidas por las recomendaciones de profesionales del área.

Respecto al aceite de maracuyá, se observó que el 52% de los encuestados no tenía conocimiento previo sobre este producto ni sobre sus beneficios. No obstante, al recibir información al respecto, muchos demostraron interés, destacando entre sus propiedades más atractivas su capacidad antioxidante, la prevención de manchas y el tratamiento del acné. Finalmente, el 55% expresó disposición a adquirir el aceite de maracuyá como producto cosmético, especialmente si este lograba cumplir con sus expectativas.

Calculo del consumo per Cápita (CPC)

Para calcular el Consumo per Cápita, se elaboró un cuadro con los datos obtenidos de las encuestas (ver figura A.3 en los anexos). De las 384 personas encuestadas, se consideraron únicamente las 352 que afirmaron estar dispuestas a consumir el producto. En el cuadro se registraron la frecuencia anual de consumo, la cantidad de unidades compradas y el consumo en mililitros.

Estas cifras se multiplicaron para determinar el consumo individual de cada persona. Posteriormente, se realizó la sumatoria de los consumos individuales para obtener el consumo total, que se dividió entre las 352 personas, obteniéndose así el Consumo per Cápita.

$$CPC = 352,19 \frac{mL}{persona * año}$$

Demanda actual local (DAL)

Para calcular la Demanda Actual Local (DAL), se utilizó la población proyectada para el año actual, la cual se determinó en el apartado “Tamaño de Muestra”. Este análisis estimó una población objetivo de 1 177 820 habitantes, quienes cumplen con las características del público objetivo definido. Posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación para estimar la Demanda Actual Local:

$$DAL = CPC * P * (1 - \%PE) \quad (Ecuación 5.2)$$

Donde:

CPC: Consumo per Cápita

P: Población del año actual

%PE: Porcentaje de pobreza extrema de Nicaragua, el cual es del 6.9% según datos del (INIDE, 2017)

Sustituyendo los valores:

$$DAL = \left(352,19 \frac{mL}{persona * año} \right) * 1\,177\,820 \text{ personas} * (1 - 0,069)$$

$$DAL = 386\,194\,092,40 \frac{mL}{año}$$

Una vez determinado el DAL en mililitros se realizó una conversión a metros cúbicos (m^3), utilizando el factor de conversión $1 \text{ mL} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ obteniendo el siguiente resultado:

$$DAL = 386,19 \frac{m^3}{año}$$

Dado que el análisis técnico se trabajó con unidades de masa, fue necesario convertir el volumen obtenido en metros cúbicos a kilogramos. Para ello, se utilizó la relación entre la densidad, la masa y el volumen. La densidad relativa del aceite de maracuyá, incluida en la tabla 3.6, fue ajustada a densidad absoluta. Este cálculo requirió consultar la densidad del agua a 28°C en el libro Mecánica de Fluidos de (Mott, 2006).

Debido a que no se disponía de un valor exacto para esa temperatura, se realizó una interpolación que dio un valor de $996,4 \text{ Kg/m}^3$. Con este dato de referencia, se determinó que la densidad absoluta del aceite de maracuyá es de $913,70 \text{ Kg/m}^3$ (ver figura A.4 en anexos).

Finalmente, se utilizó esta densidad para convertir el volumen anual en masa, obteniendo un resultado de **DAL= 352 865,08 kilogramos al año**. Este dato representa la Demanda Actual Local expresada en términos de masa, lo que facilita los cálculos posteriores en el diseño técnico del proyecto.

Proyección de la demanda local 2025-2030

La proyección de la demanda local de aceite de maracuyá para el periodo 2025-2030 se realizó a partir de la tasa de crecimiento del municipio de Managua, que, como se mencionó anteriormente, es de 0.082%, y de la Demanda Actual Local (DAL). La proyección se llevó a cabo utilizando una ecuación similar a la ecuación 5,1, de la siguiente manera:

$$DAL_i = DAL * (1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

Tabla 5.1: *Proyección de la demanda local 2025-2030*

No	Año	Demanda local (m ³ /año)
0	2025	352 865,08
1	2026	353 154,43
2	2027	353 444,01
3	2028	353 733,84
4	2029	354 023,90
5	2030	354 314,20

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

5.1.3. Análisis de la oferta

Según (Baca Urbina G. , 2010), la oferta se define como la cantidad de bienes o servicios que los productores están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio específico. Este análisis examina la oferta de productos cosméticos relacionados con el aceite de maracuyá en Nicaragua, basado en datos secundarios disponibles.

El estudio enfrentó limitaciones debido a la falta de datos específicos sobre productos cosméticos en Nicaragua. Esto se debe a que el país es predominantemente agrícola, con principales producciones como frijoles, maíz, caña de azúcar, café y tabaco, entre otros.

La falta de estadísticas detalladas sobre productos cosméticos obligó a recurrir a la categoría más amplia disponible en los registros de la Dirección General de Servicios Aduaneros (DGA): “Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosméticos” (capítulo VI, punto 33). Aunque no se cuenta con la proporción exacta de productos dentro de esta categoría, se consideró razonable utilizarla como referencia, dado que incluye productos con similitudes funcionales y de mercado con el aceite de maracuyá.

Para llevar a cabo el análisis, se recopilaron datos de exportaciones e importaciones reportados por la DGA entre 2012 y 2017.

Para proyectar los datos hacia años futuros, se utilizó la función de Pronóstico Lineal de Microsoft Excel, que facilitó realizar proyecciones basadas en tendencias de los datos conocidos. Este enfoque permitió obtener una estimación razonable del comportamiento esperado de las exportaciones e importaciones dentro de la categoría analizada.

Los resultados de la proyección, se presentan a continuación:

Tabla 5.2: Proyección de la oferta histórica 2012-2025

n	Año	Exportación (Kg/año)	Importación (Kg/año)
1	2012	97,14	22 286,99
2	2013	56,07	23 145,15
3	2014	66,39	24 403,61
4	2015	97,00	26 004,00
5	2016	127,00	27 691,00
6	2017	94,00	13 783,00
7	2018	112,37	20 157,42
8	2019	118,88	19 377,94
9	2020	125,38	18 598,45
10	2021	131,89	17 818,97
11	2022	138,39	17 039,48
12	2023	144,90	16 259,99
13	2024	151,40	15 480,51
14	2025	157,91	14 701,02

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Aunque este análisis enfrenta limitaciones debido a la amplitud de la categoría y la falta de datos, las herramientas empleadas y las suposiciones que se realizaron permitieron obtener resultados útiles para comprender el comportamiento de la oferta de productos cosméticos relacionados con el aceite de maracuyá.

Oferta actual

El análisis de la oferta actual se basó en el cálculo del Consumo Nacional Aparente (CNA), utilizando la ecuación 3.1. Esto permitió estimar el volumen total de productos disponibles en el mercado interno, considerando las exportaciones, importaciones y la producción nacional.

Según la proyección presentada en la tabla 5.2, para el año 2025 las exportaciones ascienden a 157,91 Kg/año y las importaciones alcanzan 14 701,02 Kg/año. Pero se presentó la limitación de no disponer de datos oficiales sobre la producción nacional de productos cosméticos en el país. A pesar de esto, no fue razonable asumir que la producción nacional es nula, ya que se registran exportaciones, lo que implica que existe algún nivel de actividad productiva.

Dado que el volumen de exportaciones es significativamente menor en comparación con las importaciones, se concluye que el mercado interno depende principalmente de estas últimas. Por ello, en este análisis se optó por considerar que la producción nacional es suficiente para cubrir las exportaciones, lo que simplifica la ecuación 3.1 como:

$$CNA = Importaciones$$

$$CNA = 14 701,02 \text{ Kg/año}$$

Es importante destacar que esta estimación refleja el volumen necesario para abastecer el mercado interno, el cual presenta una fuerte dependencia de las importaciones. Aunque este enfoque resulta razonable ante las limitaciones de información disponibles, debe considerarse como una aproximación sujeta a revisión. En este sentido, futuras investigaciones que logren recopilar datos específicos y actualizados sobre la producción nacional permitirán realizar estimaciones más precisas y representativas de la realidad del mercado.

Oferta actual local (OAL)

Con base en el Consumo Nacional Aparente (CNA) y la población de Nicaragua, se estimó la Oferta Actual Local (OAL) del aceite de maracuyá utilizando la ecuación 5.4. Según (Countrymeters, 2025) actualmente Nicaragua cuenta con una población de 7 001 500 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional de 1,16%.

Para determinar la OAL, se utilizó como población local la correspondiente al municipio de Managua, que ascendió a 1 177 820 habitantes. Esta cifra se seleccionó porque representaba al público objetivo del producto, definido con base en las características del mercado. Aunque la población total del municipio supera los 1,8 millones de habitantes, el cálculo se centró en este segmento como un reflejo más preciso del mercado meta.

$$OAL = \frac{\text{Población local} * CNA}{\text{Población nacional}} \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$OAL = \frac{1\ 177\ 820\ \text{habitantes} * 14\ 701,02\ \text{kg/año}}{7\ 001\ 500\ \text{habitantes}} = 2\ 473,06\ \text{kg/año}$$

Proyección de la oferta local 2025-2030

La proyección de la Oferta Local para el período 2025-2030 se calculó mediante una regla de tres, utilizando los datos de la proyección de la oferta y la estimación de la población nacional, así como la local para cada año correspondiente (ver figura A.5 en anexos). A continuación, se presenta la tabla de resultados.

Tabla 5.3: *Proyección de la oferta local 2025-2030*

No	Año	Oferta Local (Kg/año)
0	2025	2 473,06
1	2026	2 316,98
2	2027	2 163,94
3	2028	2 013,90
4	2029	1 866,81
5	2030	1 722,63

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

La tabla muestra un decrecimiento en la Oferta Local debido a la suposición que se adoptó en este estudio, donde se consideró que el Consumo Nacional Aparente (CNA) depende únicamente de las importaciones, ante la falta de información sobre la producción nacional. Sin embargo, es probable que exista producción suficiente para cubrir exportaciones y abastecer el mercado interno, lo que podría reflejar un crecimiento en lugar de un decrecimiento. Estudios futuros con datos más precisos podrán representar de manera más realista la dinámica de la oferta local.

5.1.4. Demanda potencial insatisfecha

La Demanda Potencial Insatisfecha (DPI) se calculó con la ecuación 3.2, que es la diferencia entre la Proyección de la Demanda Local y la Proyección de la Oferta Local para el período 2025-2030. Este cálculo permitió determinar la cantidad de aceites de maracuyá que probablemente se consumirían durante este período y que no podrá ser satisfecha por el mercado actual.

Tabla 5.4: Demanda potencial insatisfecha (DPI) 2025-2030

No	Año	Demanda local (Kg/año)	Oferta local (Kg/año)	DPI (Kg/año)
0	2025	352 865,08	2 473,06	350 392,01
1	2026	353 154,43	2 316,98	350 837,45
2	2027	353 444,01	2 163,94	351 280,07
3	2028	353 733,84	2 013,90	351 719,94
4	2029	354 023,90	1 866,81	352 157,09
5	2030	354 314,20	1 722,63	352 591,57

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

5.1.5. Análisis de precios

En el contexto del creciente interés por productos cosméticos naturales y la introducción del aceite de maracuyá en el mercado de Managua, se ha realizado un análisis de precios para evaluar cómo posicionar competitivamente este nuevo producto. Aunque el aceite de maracuyá no está actualmente disponible en el mercado nicaragüense, el análisis de precios en establecimientos de Managua permitirá identificar patrones en la estructura de costos y las expectativas del consumidor.

Este estudio revela que los precios varían según el tipo de establecimiento, ubicación y segmento de mercado. Las marcas existentes en el mercado local tienden a ofrecer productos diferenciados, con variaciones de precio basadas en la marca, presentación y beneficios adicionales. Además, se consideró que el aceite de maracuyá puede ser parte de una gama de productos como cremas corporales, productos para el cuidado del cabello, y otros cosméticos derivados, los cuales están presentes en el mercado local. Incluir estos productos ayudará a posicionar el aceite de maracuyá en un contexto más amplio dentro del sector de belleza y cuidado personal.

Estos hallazgos son clave para determinar un precio competitivo para el aceite de maracuyá, alineándose con las expectativas de los consumidores y las prácticas del mercado. En la tabla B.4 en anexos se presenta la tabla de análisis de precios con datos recopilados en diferentes establecimientos de Managua.

5.1.6. Comercialización

De los distintos canales de distribución que se presentan en el acápite 3.3.3. Se selecciono el canal de distribución Productores-minoristas-consumidores debido a que, según los resultados de las encuestas realizadas, el 49% de los consumidores prefieren adquirir productos cosméticos en tiendas físicas. Aunque este canal implica un intermediario, el minorista, sigue siendo relativamente corto y permite un contacto directo con el cliente final a través de los puntos de venta. Este enfoque es el más adecuado porque facilita el alcance efectivo hacia los consumidores y responde a sus preferencias de compra en tiendas físicas.

Además, este canal permite supervisar las condiciones en las que el producto llega al consumidor final, asegurando su calidad y atractivo visual. Al reducir el número de intermediarios, se logra una distribución más rápida y eficiente, lo que optimiza la logística y garantiza la disponibilidad del producto.

Para implementar esta estrategia, se seleccionarán minoristas con locales estratégicamente ubicados en zonas de alto tráfico del municipio de Managua, como centros comerciales, mercados locales, farmacias y pequeños supermercados. Esta selección garantiza una alta visibilidad del producto en puntos de venta clave, lo que contribuirá al éxito de la distribución y al cumplimiento de las preferencias del consumidor.

Figura 5.1: *Canal de distribución corto*



Nota: La figura fue elaborada en Canvas. *Elaboración propia.*

5.2. Estudio Técnico

5.2.1. Tamaño de la planta

Para determinar el tamaño de la planta, se comenzó proyectando el volumen de producción a partir de la Demanda Potencial Insatisfecha (DPI). En base a los resultados del estudio de mercado, se decidió tomar el 5% de la DPI para calcular el volumen de producción. Esta decisión se fundamenta en que el 52% de los encuestados desconoce el producto y sus beneficios, lo que sugiere una falta de interés previo que requerirá estrategias de marketing y sensibilización para despertar el interés de los consumidores, cuyos resultados podrían tomar tiempo.

Aunque existe un alto desconocimiento del producto, la aceptación potencial en el mercado es prometedora, ya que el 55% de los encuestados manifestaron estar dispuestos a adquirirlo, mientras que un 37% indicaron que podría considerarlo. Entre las principales razones para su compra, el 35% destacó su origen natural y los beneficios asociados. Además, el 41% de los posibles consumidores mostraron disposición a adquirir el producto mensualmente, mientras que el 40% lo haría trimestralmente. Esta combinación sugiere un nicho de consumidores regulares que podrían establecer un mercado recurrente.

Por lo tanto, seleccionar un 5% de la DPI permite equilibrar el potencial del mercado con las estrategias necesarias para introducir el producto y aumentar su visibilidad. De esta manera, la producción inicial será capaz de satisfacer la demanda de los consumidores interesados, mientras se minimizan los riesgos asociados con una sobreproducción en las etapas iniciales.

Los resultados del volumen de producción se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.5: *Proyección del volumen de producción 2025-2030*

No	Año	DPI (Kg/año)	Volumen de producción (Kg/año)
0	2025	350 392,01	17 519,60
1	2026	350 837,45	17 541,87
2	2027	351 280,07	17 564,00
3	2028	351 719,94	17 586,00
4	2029	352 157,09	17 607,85
5	2030	352 591,57	17 629,58

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Una vez proyectado el volumen de producción para los cinco años del horizonte, se calculó la capacidad de diseño (CD), la capacidad del sistema (CS) y la capacidad real (CR) mediante las ecuaciones 4.2, 4.3 y 4.4, respectivamente. A continuación, se presenta la tabla de resultados para los cálculos realizados para el tamaño de la planta:

Tabla 5.6: Capacidad de diseño, capacidad del sistema, capacidad real de la planta

n	Año	Capacidad de Diseño (CD) (Kg/año)	Capacidad del Sistema (CS) (Kg/año)	Capacidad Real (CR) (Kg/año)
0	2025	21 023,52	18 921,17	17 029,05
1	2026	21 050,25	18 945,22	17 050,70
2	2027	21 076,80	18 969,12	17 072,21
3	2028	21 103,20	18 992,88	17 093,59
4	2029	21 129,43	19 016,48	17 114,83
5	2030	21 155,49	19 039,94	17 135,95

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

5.2.2. Localización de la planta

Macro localización

La macro localización de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá se determinó en el departamento de Matagalpa, Nicaragua, debido a la alta concentración de fincas dedicadas al cultivo de este fruto en la región, como se detalla en el acápite 3.1.3. La proximidad a los proveedores de materia prima fue un factor decisivo, ya que permite un suministro más frecuente y reduce significativamente los costos de transporte y almacenamiento.

Al ubicar la planta en Matagalpa, no fue necesario el almacenamiento de grandes volúmenes de materia prima, lo que permitió reducir las dimensiones del cuarto frigorífico requerido para preservar la calidad de los frutos y, a su vez, disminuir los costos de consumo energético.

Además, dado que el maracuyá es un producto perecedero, la proximidad a los proveedores asegura que la fruta llegue en condiciones óptimas para su procesamiento, evitando pérdidas por deterioro debido a una manipulación inadecuada o daños físicos causados por golpes durante el transporte. Asimismo, no sería necesario incurrir en costos adicionales por el uso de equipos de transporte con sistema de enfriamiento, ya que la corta distancia evita que las frutas se sobrecalienten dentro del vehículo.

Por lo tanto, la macro localización de la planta en Matagalpa fue una decisión estratégica para minimizar los costos logísticos y, al mismo tiempo, garantizar la calidad de materia prima y, en consecuencia, la del aceite extraído.

Micro localización

Para determinar la ubicación exacta de la planta extractora, se evaluaron dos alternativas viables utilizando el método cualitativo por puntos donde se identificaron los principales factores determinantes de la localización exacta, y se les asignó valores ponderados de peso relativo de acuerdo a su importancia. En la siguiente tabla se presentan dichos factores y sus respectivos pesos relativos.

Tabla 5.7: Factores de localización y sus pesos relativos asignados

Factor de localización	Peso relativo
Disponibilidad de servicios públicos	0,25
Topografía del suelo	0,20
Vías de acceso	0,18
Disponibilidad de mano de obra	0,15
Proximidad a la materia prima	0,10
Accesibilidad al mercado	0,08
Costo del terreno	0,04
Total	1,00

Elaboración propia.

Descripción de los factores de localización:

- ✓ Disponibilidad de servicios públicos: Si el terreno no cuenta con servicios públicos (agua, energía y teléfono), la inversión en infraestructura incrementaría considerablemente.
- ✓ Topografía del suelo: Si el terreno presenta un suelo irregular, la inversión en nivelación y adecuación puede variar entre 3,14 a 20,97 U\$ por m² (Cronoshare, 2025), e incluso podría superar el costo del propio terreno.
- ✓ Vías de acceso: Estas facilita el transporte del producto, suministro de materia prima y la movilización de los trabajadores. Un terreno con vías de acceso estratégicas y en buen estado, puede reducir costos operativos y tiempos de traslados. En caso contrario, aumentaría los costos logísticos y requeriría una inversión en infraestructura vial (Vergagni, 2006).
- ✓ Disponibilidad de mano de obra: La disponibilidad de mano de obra calificada determina la capacidad de la planta para satisfacer la demanda de producción. Además, reduce la rotación de personal, lo que a su vez disminuye los costos adicionales asociados a la contratación, capacitación y desarrollo de nuevos empleados (Gutiérrez, 2024).
- ✓ Proximidad a la materia prima: A mayor distancia del proveedor de materia prima, mayores serán los costos de transporte y el riesgo de pérdidas por deterioro de los frutos de maracuyá.
- ✓ Accesibilidad al mercado: El acceso cercano al mercado disminuye los costos de distribución, fortalece la competitividad del producto al garantizar un servicio eficiente y permite establecer una mejor comunicación con los distribuidores y una respuesta rápida a sus solicitudes.
- ✓ Costo del terreno: Aunque el precio del terreno es una inversión fija relevante, no es determinante en comparación con otros factores que pueden generar costos recurrentes significativos a largo plazo.

La calificación (0-10) a cada factor de localización se asignó de acuerdo a la escala presentada en la siguiente tabla:

Tabla 5.8: *Calificación y asignación cualitativa*

Calificación	Asignación cualitativa
0-2	Muy deficiente
3-4	Deficiente
5-6	Aceptable
7-8	Bueno
9-10	Excelente

Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra las dos alternativas evaluadas:

Tabla 5.9: *Alternativas de terrenos a evaluar para la micro localización*

Alternativa	Ubicación	Extensión (m ²)
Terreno I	Chiguitillo, en el municipio de Sébaco, Matagalpa.	6 000,00
Terreno II	Lomas de San Francisco, municipio de Matagalpa, Matagalpa.	5 734,00

Elaboración propia.

Una vez establecido los factores de localización y sus respectivos pesos relativos, así como las calificaciones y asignación cualitativa correspondientes, se realizó la evaluación comparativa de los dos terrenos (ver tabla B.5 en anexos). En la siguiente tabla se presentan los resultados del método cualitativo por punto para la micro localización de la planta extractora.

Tabla 5.10: *Resultados de la micro localización por el método cualitativo por punto*

Factor	Peso relativo	Terreno I		Terreno II	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Disponibilidad de servicios públicos	0,25	8,00	2,00	6,00	1,50
Topografía del suelo	0,20	9,00	1,80	3,00	0,60
Vías de acceso	0,18	7,00	1,26	5,00	0,90
Disponibilidad de mano de obra	0,15	8,00	1,20	9,00	1,35
Proximidad a la materia prima	0,10	7,00	0,70	10,00	1,00
Accesibilidad al mercado	0,08	8,00	0,64	7,00	0,56
Costo del terreno	0,04	9,00	0,36	7,00	0,28
TOTAL	1,00		7,96		6,34

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

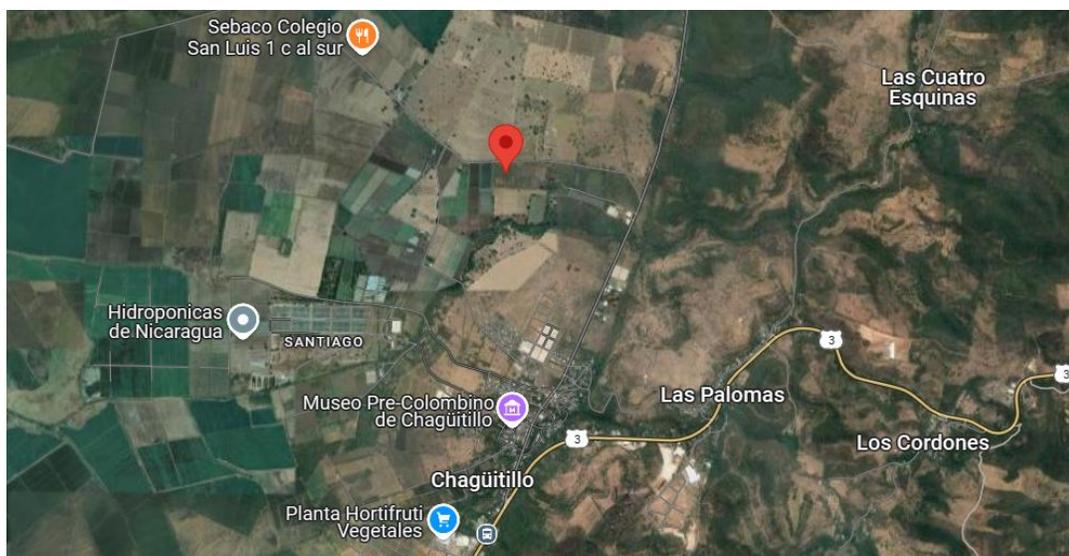
Como se muestra en la tabla, aunque el Terreno II se encuentra más cerca de la materia prima y ofrece una mayor disponibilidad de mano de obra calificada, su topografía irregular, y las deficientes vías de accesos requieren una inversión considerable en infraestructura vial. Esto impacta negativamente la logística de

transporte del producto, materia prima y trabajadores. Además, los costos de nivelación del terreno y su entorno superan incluso el costo del propio terreno.

En cambio, el terreno I presenta una topografía plana y una mejor accesibilidad a servicios públicos. Aunque está ubicado frente a una carretera sin pavimentar que requiere mejoras, esta se conecta directamente con la Carretera Panamericana Norte, una ubicación estratégica que optimiza la logística de transporte del producto y el abastecimiento de materia prima. Si bien la disponibilidad de mano de obra calificada es menor, dispone vías de accesos en buenas condiciones, lo que permite reclutar empleados de municipios cercanos, en caso de ser necesario. Además, aunque está a mayor distancia de la materia prima, representa una opción más equilibrada entre la distancia al mercado meta y el proveedor.

El terreno I implica ciertos costos adicionales, como un recorrido para los trabajadores, remoción de árboles y vegetación, y mejoras mínimas en la infraestructura vial. No obstante, estos costos son significativamente menores en comparación con las adaptaciones necesarias en el terreno II. Por lo tanto, se determinó que la micro localización de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá será en Chiguitillo, municipio de Sébaco, departamento de Matagalpa, debido a una mejor relación beneficio-costos, obteniendo la mayor puntuación ponderada, con un total de 7,96, en comparación con los 6,15 del Terreno II.

Figura 5.2: *Micro localización de la planta extractora*



Nota. La propiedad, señalada con un pin rojo, está actualmente en venta por U\$ 8 940,00 con una extensión de 6 000,00 m². La imagen fue obtenida de Google Maps al introducir las coordenadas (12°54'03.0"N 86°05'00.0"W) proporcionada por el vendedor (Casas 24, 2024).

5.2.3. Descripción del proceso productivo

Programa de producción

Para establecer el programa de producción de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá, se determinó el Tiempo Normal de Operación (TNO) y la capacidad por hora de la planta del año correspondiente. Con esta información, fue posible estimar la producción diaria, semanal, mensual y anual del producto.

Tiempo Normal de Operación (TNO)

Para calcular el Tiempo Normal de Operación (TNO) se consideraron 9 días feriados no laborables en Nicaragua (Ver tabla B.6 en anexos), el horario de trabajo de la planta, la cual operará 16 horas diarias de lunes a sábado, permaneciendo inactiva los días domingo, y 24 días programados para el mantenimiento de los equipos e instalaciones de la planta (Ver tabla B.7 en anexos). El TNO estará dado por la siguiente ecuación:

$$TNO = 16 \frac{h}{días} \left[365 \frac{días}{año} - (DF + DM + DD) \right] \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

Donde:

DF: días feriados no laborables.

DM: días de mantenimiento.

DD: días domingos al año.

$$TNO = 16 \frac{h}{días} \left[365 \frac{días}{año} - (9 + 24 + 52) \text{ días} \right]$$

$$TNO = \left(16 \frac{h}{días} \right) \left(280 \frac{días}{año} \right)$$

$$TNO = 4\,480 \frac{h}{año}$$

Una vez calculado el TNO, se determinó la capacidad de producción por hora de la planta para cada año del horizonte utilizando la ecuación 4.5. A partir de estos datos, en la siguiente tabla se presenta el programa de producción de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá:

Tabla 5.11: Programa de producción 2025-2030

n	Año	Producción				
		Por hora (Kg/h)	Diaria (Kg/día)	Semanal (Kg/semana)	Mensual (Kg/mes)	Anual (Kg/año)
0	2025	3,91	62,57	375,42	1 459,97	17 519,60
1	2026	3,92	62,65	375,90	1 461,82	17 541,87
2	2027	3,92	62,73	376,37	1 463,67	17 564,00
3	2028	3,93	62,81	376,84	1 465,50	17 586 00
4	2029	3,93	62,89	377,31	1 467,32	17 607,85
5	2030	3,94	62,96	377,78	1 469,13	17 629,58

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Una vez definido el programa de producción, se determinó que la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá deberá operar con un sistema de producción semicontinuo, con una jornada laboral de 16 horas diarias divididas en dos turnos de 8 horas cada uno. Esta decisión se tomó debido a los tiempos de espera que se generan en los procesos de secado y extracción por solvente, los cuales interrumpen el flujo de producción constante.

En el primer turno, se llevará a cabo las operaciones iniciales del proceso hasta el secado de las semillas, el cual requiere 4 horas. Esto genera la primera pausa antes de continuar con las siguientes etapas. En el segundo turno, se realiza las operaciones restantes, comenzando con la clasificación, triturado, prensado y extracción por solvente. Este último proceso genera la segunda pausa de 3 horas, antes de proceder con el filtrado, envasado y almacenamiento del producto final.

Selección de operaciones

Recepción de materia prima

En esta etapa, se reciben semanalmente la carga de frutos de maracuyá proveniente de la finca “Guadalupe de Tepeyac”, ubicada en el municipio de San Ramón, Matagalpa. Primero, la carga se pesará en una balanza industrial, para garantizar que la cantidad entregada sea la correcta. Posteriormente, los frutos se retiran de los sacos o cajas y se colocan en palets para ser transportados al área de almacenamiento.

Los frutos se almacenan en un cuarto refrigerado a una temperatura de 5 °C, con una humedad relativa de 85%, con el fin de prevenir deshidratación, pudrición por hongos y fermentación de la pulpa (PROCOMER, 2020). Dentro del cuarto frío, los frutos se distribuyen sobre palets, organizados de manera que se deje espacio entre ellos. Esta disposición asegura que no haya contacto directo con el suelo y las paredes, preservado así su calidad.

Selección

Los palets con frutos se transportan desde el área de almacenamiento hasta el proceso de selección. La selección se lleva a cabo manualmente por operarios distribuidos a lo largo de una mesa con cinta transportadora, quienes inspeccionan y seleccionan los frutos que cumplen con los requisitos de calidad establecidos en la norma CODEX STAN 316-2014:

- ✓ Deben estar enteros, con apariencia fresca y una consistencia firme.
- ✓ No deben presentar signos de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo.
- ✓ Deben estar exentos de plagas o daños causados por estas, que afecten su aspecto general.
- ✓ No deben contener materias extrañas visible incrustadas.
- ✓ No deben presentar olores ni sabores extraños.
- ✓ Deben de estar exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de la cámara frigorífica.
- ✓ No deben de presentar grietas.

Los frutos que no cumplen con los estándares de calidad son retirados de la mesa y colocados en palets de descartes, mientras que los frutos en buen estado continúan hacia la etapa de lavado.

Lavado

Los frutos de maracuyá ingresan al sistema de lavado donde se sumergen en un tanque de lavado para remover suciedad, restos de pesticidas y microorganismos presentes en la superficie del fruto. Los objetos flotantes, como hojas o pequeñas partículas, son arrastrados hacia una caja de recirculación que cuenta con un filtro. Las partículas más pesadas y sedimentos se acumulan en el fondo del tanque, desde donde son expulsados a través de la salida de aguas residuales. Los frutos lavados se trasladan al proceso de despulpado.

Con el objetivo de reducir el consumo de agua, el sistema de lavado incorporará un mecanismo de recirculación de agua. Para prevenir la acumulación de materia orgánica, el agua se remplazará diariamente y se adicionará cloro comercial a una concentración de 50 ppm, para reducir la carga microbiana (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2020, pág. 10) (ver figura A.7 en anexos).

Despulpado

En este proceso, los frutos de maracuyá son sometidos a una desintegración mecánica que permite la separación de sus componentes principales: cáscara, pulpa-jugo y semillas. Inicialmente, el fruto es triturado para facilitar el desprendimiento de la cascara, mientras que la pulpa y las semillas se separan por un sistema de tamizado. Las cáscaras se recolectan y se trasladan fuera del área

de producción. La pulpa-jugo extraída se almacena, mientras que las semillas son transportadas mediante un transportador de tonillo al proceso de limpieza.

Limpieza

La limpieza de las semillas se realiza en un tanque mediante un sistema de elutriación, en el cual el flujo de agua y la vibración facilitan la separación de partículas más ligeras, como restos de pulpa, polvo y fragmentos de cáscara. A medida que las semillas flotan y se desplazan dentro del tanque, los residuos más pesados se acumulan en el fondo del tanque y son expulsados.

Una vez limpias, las semillas son colocadas por los operarios en bandejas de secado, las cuales se organizan en carros porta bandejas móviles para su traslado al proceso de secado.

Secado

Los carros móviles con las bandejas de semillas se introducen dentro del el horno, donde se lleva a cabo el proceso de secado a una temperatura de 60°C durante 4 horas. Las semillas ingresan al horno con una humedad superior al 20% y al finalizar el proceso, deben alcanzar un contenido de humedad entre un valor mayor al 5% e inferior al 10% (Valderrama et al., 1994). Una vez alcanzada la humedad adecuada, las semillas se trasladan manualmente mediante un transportador de tornillos al proceso de clasificación.

Clasificación

El proceso de clasificación de las semillas se lleva a cabo mediante un sistema de separación por gravedad, el cual utiliza la acción combinada de vibración, inclinación y flujo de aire para distribuir las semillas según su densidad. Este mecanismo permite que las semillas más pesadas (oleosas) permanezcan cerca de la superficie inferior, mientras que las más ligeras son elevadas parcialmente por el aire y desplazadas hacia otra zona del sistema.

Las semillas vanas se recolectan y se trasladan fuera del área de producción, mientras que las oleosas son dirigidas a un transportador de tornillos, desde donde pasan al proceso de trituration.

Trituración

Las semillas oleosas son trituradas hasta alcanzar un tamaño de partícula menor a 1 mm (1000 µm), con el objetivo de aumentar su superficie de contacto, y así facilitar el proceso de prensado (Nolasco Guzman, 2015). Una vez trituradas, se trasladan hacia el proceso de prensado.

Prensado

Las semillas trituradas se someten a un proceso de prensado en frío, en el cual un tornillo giratorio las transporta hacia la cámara de prensado. Allí, el tornillo las comprime y las empuja a través de unos orificios, permitiendo la liberación del aceite. El aceite extraído es luego bombeado hacia el proceso de filtrado para su refinamiento. Por otro lado, la torta de extracción resultante, que aún contiene aproximadamente un 6 % de aceite, se dirige al proceso de extracción por solvente para recuperar el remanente del aceite.

Extracción por solvente

Este proceso se realiza mediante una extracción sólido-líquido. La torta resultante del proceso de prensado se introduce en el tanque de extracción y se añade hexano como solvente en una relación material-disolvente de 1:2. Luego, para favorecer la disolución del aceite, el extractor se calienta, lo que permite que el aceite se disuelva en el hexano, formando una mezcla líquida denominada miscela. Una vez finalizada la extracción, la miscela se bombea hacia el evaporador, mientras que la harina residual permanece en el tanque de extracción. Posteriormente, la harina residual se recolecta y se transporta fuera del área de producción.

Evaporación

En esta etapa, la miscela se calienta hasta alcanzar la temperatura de ebullición del hexano, que es de 69°C. Una vez alcanzada esta temperatura, el hexano se evapora y se conduce a un condensador, donde se enfría y retorna a estado líquido para ser recolectado en un tanque de reciclaje, lo que permite su reutilización en extracciones posteriores. Mientras tanto, el aceite extraído permanece en el tanque de evaporación y se bombea hacia el proceso de filtrado para su refinamiento.

El aceite de semilla de maracuyá extraído presenta una concentración de 40 ppm de hexano, valor que se encuentra dentro del límite permisible para solventes de clase dos, categoría a la que pertenece el hexano (USP, 2019).

Filtrado

El aceite bruto proveniente del proceso de extracción por solvente y prensado se filtra mediante un sistema centrífugo. En este proceso, el rotor gira a altas velocidades, generando una fuerza centrífuga que permite separar las impurezas presentes en el aceite. Las partículas sólidas, al tener mayor densidad, son expulsados hacia las paredes internas del rotor, mientras que el aceite refinado, de menor densidad, se desplaza hacia el centro del rotor. Posteriormente, el aceite filtrado es bombeado al proceso de envasado.

Envasado

El proceso de envasado de aceite de semilla de maracuyá en presentaciones de 30 mL y 50 mL se realiza mediante una máquina llenadora automática. El operador ajusta previamente el volumen de llenado según la presentación requerida y se colocan las botellas en la mesa de alimentación, donde a través de un sistema de transportadores, son llevadas a la estación de llenado y tapado.

Una vez llenas, las botellas se trasladan a la mesa de embalaje, donde los operarios colocan manualmente las etiquetas. Luego, se empacan en cajas y se transportan al área de almacenamiento.

Almacenamiento

Las cajas con botellas de aceite de semilla de maracuyá se almacenan en un cuarto frío con poca iluminación y a una temperatura constante de 15°C, donde los operarios organizan las cajas en estantes metálicos, dejando espacio entre ellas para evitar el contacto directo con el suelo y las paredes. De esta manera, se previene la exposición a la luz solar y fuentes de calor que podrían acelerar la oxidación lo que preserva la calidad del producto final.

Balance de masa y energía

Balance de masa

La siguiente tabla presenta los resultados de los cálculos del balance de masa en cada etapa del proceso, organizados por corrientes y resumidos para los cinco años del horizonte del proyecto (ver Anexo D: Balance de materia y energía).

Tabla 5.12: *Flujos másicos de cada una de las corrientes del proceso 2025-2030*

Corriente	Flujo másico (Kg/h)					
	2025	2026	2027	2028	2029	2030
C1	541,03	541,71	542,40	543,08	543,75	544,42
C2	541,03	541,71	542,40	543,08	543,75	544,42
C3	24,35	24,38	24,41	24,44	24,47	24,50
C4	516,68	517,34	517,99	518,64	519,28	519,92
C5	8 610,00	8 610,00	8 610,00	8 610,00	8 610,00	8 610,00
C6	8 612,58	8 612,59	8 612,59	8 612,59	8 612,60	8 612,60
C7	514,10	514,75	515,40	516,04	516,69	517,32
C8	291,34	291,71	292,08	292,44	292,81	293,17
C9	199,07	199,32	199,57	199,82	200,07	200,32
C10	23,69	23,72	23,75	23,78	23,81	23,84
C11	153,97	154,17	154,36	154,56	154,75	154,94
C12	153,59	153,78	153,98	154,17	154,36	154,55
C13	24,08	24,11	24,14	24,17	24,20	24,23
C14	3,85	3,86	3,86	3,87	3,87	3,88
C15	20,22	20,25	20,27	20,30	20,32	20,35
C16	2,77	2,77	2,77	2,78	2,78	2,78
C17	17,46	17,48	17,50	17,52	17,54	17,57
C18	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
C19	17,31	17,33	17,36	17,38	17,40	17,42

C20	3,90	3,91	3,91	3,92	3,92	3,93
C21	13,41	13,43	13,45	13,46	13,48	13,50
C22	26,82	26,86	26,89	26,92	26,96	26,99
C23	20,38	20,41	20,43	20,46	20,48	20,51
C24	19,85	19,88	19,90	19,93	19,95	19,98
C25	19,65	19,67	19,70	19,72	19,74	19,77
C26	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
C27	0,20	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
C28	3,91	3,92	3,92	3,93	3,93	3,94
C29	3,91	3,92	3,92	3,93	3,93	3,94
C30	3,91	3,92	3,92	3,93	3,93	3,94

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Balance de energía

Se realizaron balance de energía en las etapas de almacenamiento de materia prima y producto terminado, considerando que tanto los frutos de maracuyá como el aceite de semilla de maracuyá requieren refrigeración a 7°C y 15°C, respectivamente. Estas condiciones son necesarias para preservar su calidad al retrasar la degradación de los frutos y del aceite esencial.

Además, se calculó la energía necesaria para llevar a cabo la extracción por solvente, así como el flujo de vapor requerido (\dot{m}_s), generado por la caldera, para calentar el hexano durante la extracción del aceite de la torta y posteriormente evaporarlo en la etapa de separación del solvente. En la siguiente tabla se presentan los resultados de los balances de energía proyectados para los cinco años del horizonte (ver Anexo D: Balance de materia y energía).

Tabla 5.13: *Resultados de los balances de energía en las etapas del proceso requerido*

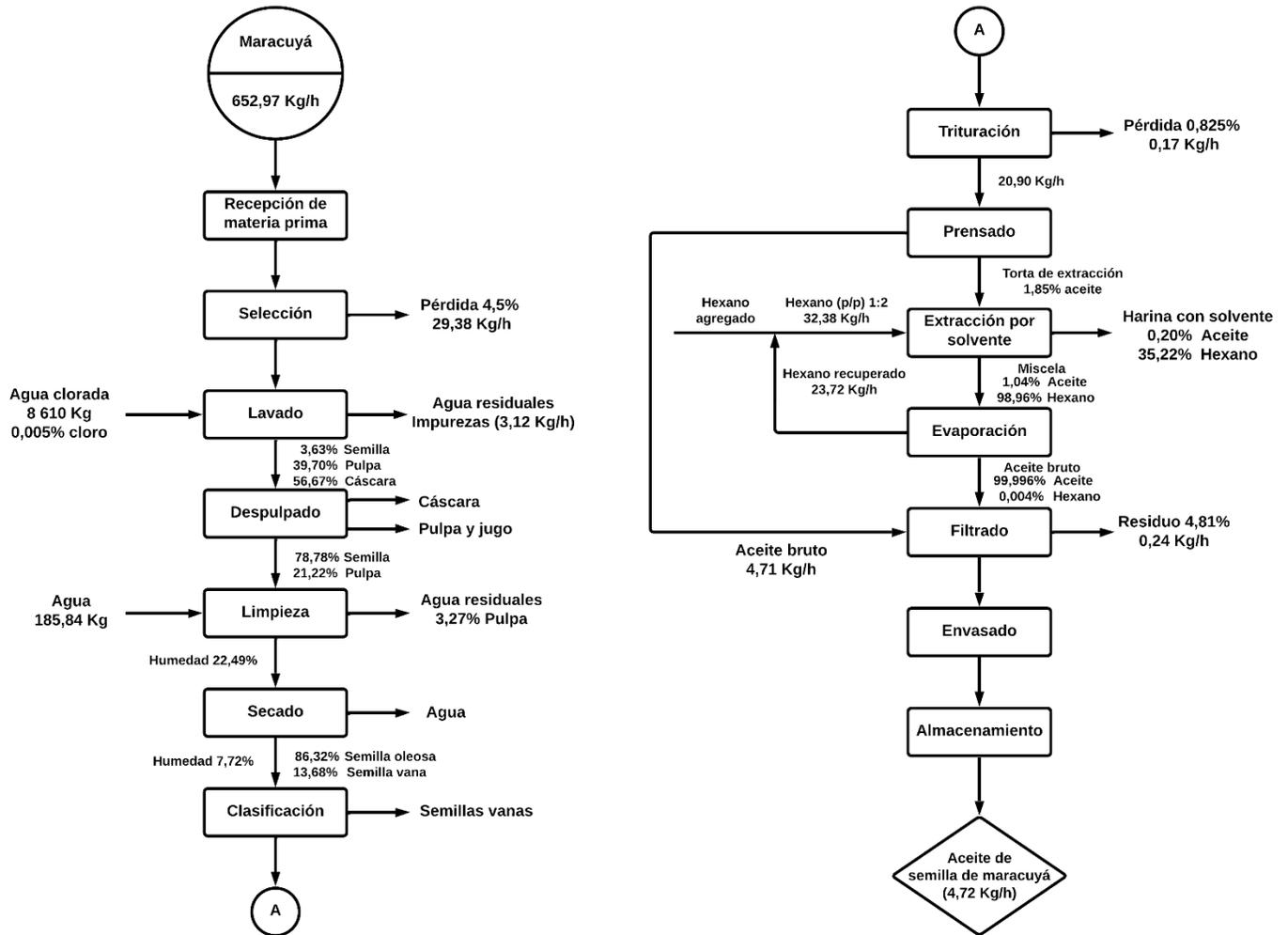
No	Año	Almacenamiento de materia prima		Extracción por solvente			Almacenamiento de producto final	
		Q (kJ/h)	P (kW)	Q (kJ/h)	\dot{m}_s (Kg/h)	P (kW)	Q (kJ/h)	P (kW)
0	2025	22 755,18	6,32	13 194,96	58,64	6,25	55,37	0,02
1	2026	22 784,11	6,33	13 211,74	58,72	6,25	55,44	0,02
2	2027	22 812,86	6,34	13 228,41	58,79	6,26	55,51	0,02
3	2028	22 841,42	6,34	13 244,97	58,87	6,27	55,58	0,02
4	2029	22 869,81	6,35	13 261,43	58,94	6,28	55,65	0,02
5	2030	22 898,03	6,36	13 277,79	59,01	6,29	55,72	0,02

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Diagrama de bloques

En la siguiente figura se presenta el diagrama de bloque del proceso de producción del aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*).

Figura 5.3: Diagrama de bloques del proceso



Nota. El diagrama de bloques fue realizado en la aplicación Lucidchart. Elaboración propia.

Diagrama de flujo de proceso

En el diagrama de flujo se representó la configuración y el funcionamiento de la planta extractora. Para esto, se detallaron los equipos de procesamiento distribuidos en tres subáreas: extracción de semillas, pretratamiento de semillas y extracción de aceite.

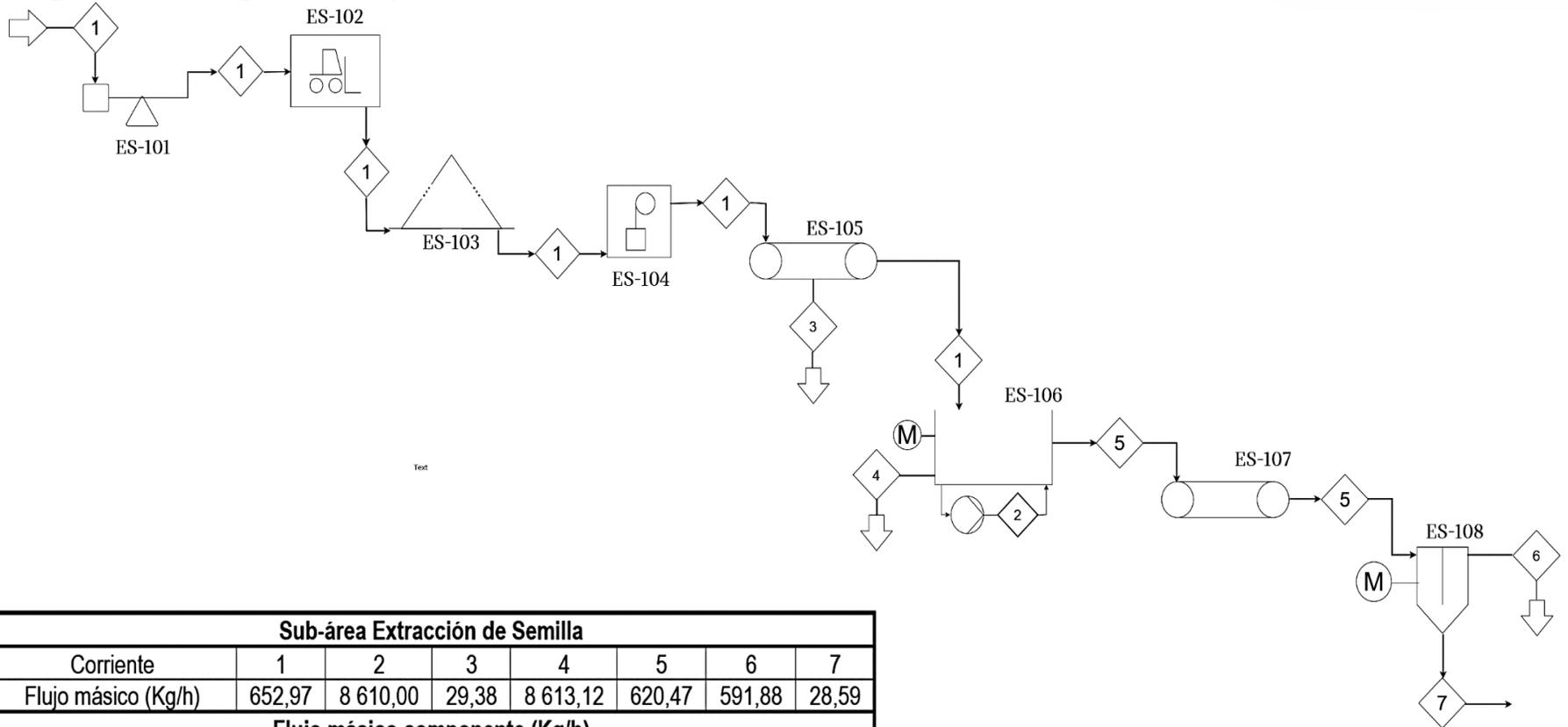
La siguiente tabla presenta los equipos que conforman las tres sub-áreas de producción, junto con su símbolo gráfico y el código asignado, utilizados para su representación.

Tabla 5.14: Simbología del diagrama de flujo de proceso

Código	Equipo de proceso	Símbolo gráfico	Sub-área
ES-101	Balanza industrial Rampa-Yoahua	Báscula general	
ES-102	Carretilla elevadora industrial JAC-CPCD30H	Carretilla elevadora	
ES-103	Cámara frigorífica MONKFRI-MAS340T485E	Almacenaje general	
ES-104	Volcador de palets PBT-1000MG	Elevador	Extracción
ES-105	Mesa de clasificadora FSC-6000MG	Cinta transportadora	Semillas
ES-106	Lavadora GG-XQ4000	Tanque de lavado	
ES-107	Transportador DORNER	Cinta transportadora	
ES-108	Separadora de semillas, cáscara y pulpa GG-5	Separador general	
PS-201	Transportador de tornillo HAIHUI	Transportador de tornillo sin fin	
PS-202	Lavadora de semilla industrial YXM-500	Tanque de lavado	
PS-203	Carro porta bandejas móviles	Transportador general	
PS-204	Horno de secado KR-C192	Horno con calentador	Pretratamiento
PS-205	Transportador de tornillo HAIHUI	Transportador de tornillo sin fin	Semillas
PS-206	Separador por gravedad de semillas Haide APM-5XZ	Separador por gravedad	
PS-207	Transportador de tornillo HAIHUI	Transportador de tornillo sin fin	
PS-208	Triturador universal DAYONG-30B	Trituradora de impacto	
EA-301	Máquina prensadora de aceite de tornillo 6YI-170	Transportador general	
EA-302		Prensadora de expulsor de tornillo	
EA-303	Transportador ajustable MIKIM-TLSC100X3500	Transportador general	
EA-304	Gran extractor DTWZ-D2	Tanque de extracción	Extracción
EA-305		Evaporador	Aceite
EA-306	Filtro de aceite centrifugo MIKIM-MK50	Filtro con motor eléctrico	
EA-307	Máquina llenadora automática VIRO-DSC10002	Máquina de llenado automático	
EA-308	Carro de transporte FORDEMAND-MTTFR1265	Carretilla de transporte	
EA-309	cámara frigorífica Innovair-VIN414C1V32	Almacenaje general	

Nota. Los símbolos gráficos se definieron según la norma ISO 10628, "Diagramas para la industria química y petroquímica – Parte 2: Símbolos gráficos" (ISO 10628-2, 2010). *Elaboración propia.*

Figura 5.4.1: Diagrama de flujo de proceso

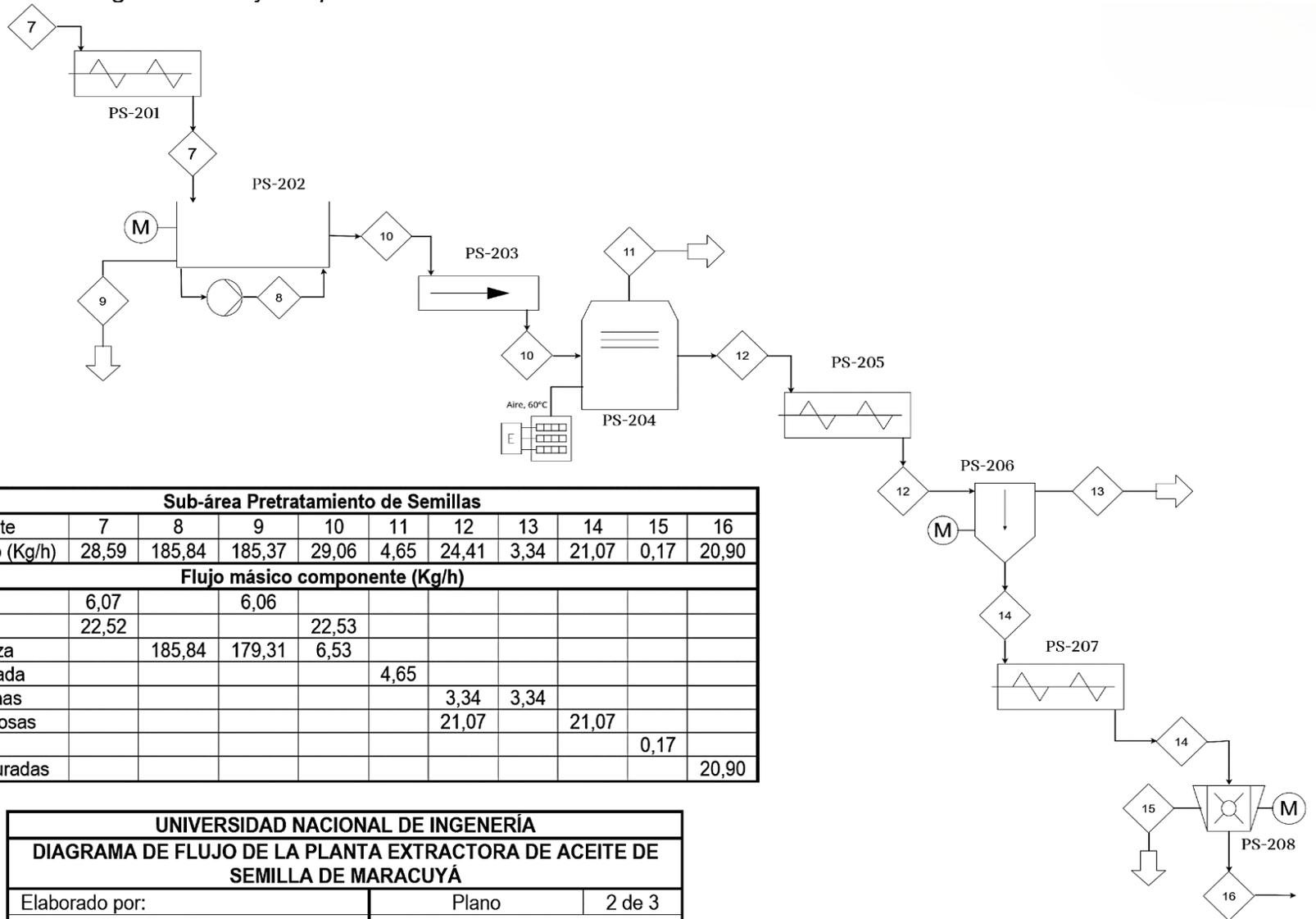


Sub-área Extracción de Semilla							
Corriente	1	2	3	4	5	6	7
Flujo másico (Kg/h)	652,97	8 610,00	29,38	8 613,12	620,47	591,88	28,59
Flujo másico componente (Kg/h)							
Maracuyá	652,97						
Agua clorada		8 610,00		8 610,00			
Pérdida			29,38				
Impurezas				3,12			
Maracuyá sin impurezas					620,47		
Cáscara						351,62	
Pulpa y jugo						240,26	6,07
Semilla							22,52

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYÁ		
Elaborado por:	Plano	1 de 3
Juhaziel Jireh Cruz Pérez	Sub-área Extracción de Semilla	
Claudia Deniss Moreira Zepeda		

Nota. El diagrama de flujo fue creado utilizando el software Visual Paradigm. *Elaboración propia.*

Figura 5.5.2: Diagrama de flujo de proceso

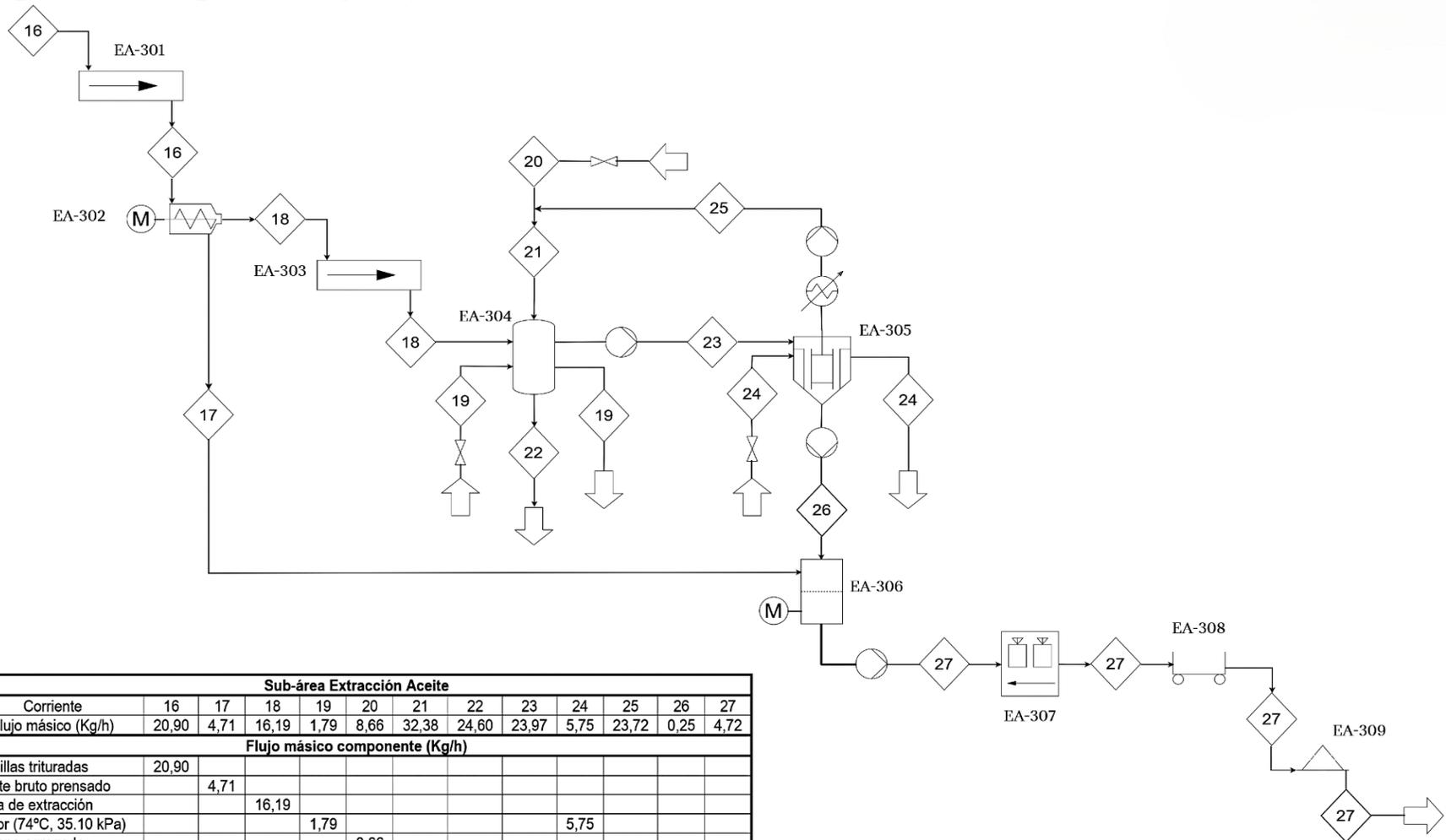


Sub-área Pretratamiento de Semillas										
Corriente	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Flujo másico (Kg/h)	28,59	185,84	185,37	29,06	4,65	24,41	3,34	21,07	0,17	20,90
Flujo másico componente (Kg/h)										
Pulpa	6,07		6,06							
Semilla	22,52			22,53						
Agua limpia		185,84	179,31	6,53						
Agua eliminada					4,65					
Semillas vanas						3,34	3,34			
Semillas oleosas						21,07		21,07		
Pérdida									0,17	
Semillas trituradas										20,90

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYÁ		
Elaborado por:	Plano	2 de 3
Juhaziel Jireh Cruz Pérez	Sub-área Pretratamiento de Semilla	
Claudia Deniss Moreira Zepeda		

Nota. El diagrama de flujo fue creado utilizando el software Visual Paradigm. *Elaboración propia.*

Figura 5.6.3: Diagrama de flujo de proceso



Sub-área Extracción Aceite												
Corriente	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Flujo másico (Kg/h)	20,90	4,71	16,19	1,79	8,66	32,38	24,60	23,97	5,75	23,72	0,25	4,72
Flujo másico componente (Kg/h)												
Semillas trituradas	20,90											
Aceite bruto prensado		4,71										
Torta de extracción			16,19									
Vapor (74°C, 35.10 kPa)				1,79					5,75			
Hexano agregado					8,66							
Hexano total						32,38						
Harina con solvente							24,60					
Miscela								23,97				
Hexano recuperado										23,72		
Aceite bruto evaporador											0,25	
Aceite de semilla de maracuyá												4,72

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYÁ		
Elaborado por:	Plano	3 de 3
Juhaziel Jireh Cruz Pérez		
Claudia Deniss Moreira Zepeda	Sub-área Extracción de Aceite	

Nota. El diagrama de flujo fue creado utilizando el software Visual Paradigm. Elaboración propia.

5.2.4. Requerimientos tecnológicos

Requerimientos de equipos

En las siguientes tablas se presentan los requerimientos de los equipos y utensilios de manipulación necesarios para el proceso de extracción de aceite de semilla de maracuyá (ver Anexo B).

Tabla 5.15: *Requerimientos de los equipos del proceso*

Equipos	Cantidad	Capacidad	Capacidad requerida
Balanza industrial rampa-Yoahua	1	5,00 ton/lote	5,00 ton/lote
Cámara frigorífica MONKFRI-MAS340T485E	1	118,80 m ³	196,36 m ³
Volcador de palets PBT-1000MG	1	1 000,00 Kg/palet	871,08 Kg/palet
Mesa de clasificación FSC-6000MG	1	4,00 ton/h	2,61 ton/h
Lavadora de burbuja para fruta GG-XQ4000	1	3,00 ton/h	2,50 ton/h
Transportador inclinado con tolva DORNER	1	2,50 ton/h	2,48 ton/h
Separadora de semillas, cáscara y pulpa GG-5	1	5,00 ton/h	2,48 ton/h
Transportador de tornillo HAIHUI	3	1,00 ton/h	0,11 ton/h
Lavadora de semillas industrial YXM-500	1	500,00 Kg/h	114,42 Kg/h
Horno de secado KR-C-192	1	500,00 Kg/lote	465,17 Kg/lote
Separador por gravedad de semillas Haide APM-5XZ	1	300,00 Kg/h	195,36 Kg/h
Triturador universal DAYONG-3OB	1	200,00 Kg/h	168,63 Kg/h
Prensadora de aceite de tornillo MIKIM-6YL-170	1	350,00 Kg/h	167,24 Kg/h
Transportador ajustable MIKIM-TLSC100X3500	1	500,00 Kg/h	129,56 Kg/h
Gran extractor DTWZ-D-2	1	2,00 m ³ /lote	0,86 m ³ /lote
Bomba helicoidal doble tornillo HYGHSPIN-70H	3	0,10 m ³ /h	0,09 m ³ /h
Filtro de aceite centrifugo MIKIM-MIK50	1	100,00 Kg/h	79,37 Kg/h
Máquina llenadora automática VIRO-DSC100-02	1	3 000,00 BPH	2 522,35 BPH
Aire acondicionado innovair - VIN414C1V32	2	19,5 m ²	11,18 m ²
Elevador eléctrico de palets CDD-B15E	2	1,00 ton/lote	0,57 ton/lote
Tanque de almacenamiento de hexano ZONBO-ST4000	2	4 000,00 L	3 306,69 L
Tanque de almacenamiento de pulpa ZONBO-ST4000	2	4 000,00 L	3 656,71 L

Elaboración propia.

En la Tabla 5.17 se detallan los equipos y utensilios de manipulación requeridos para el proceso de producción. La cantidad de pallets necesaria para el almacenamiento de los frutos de maracuyá se estimó a partir del volumen total de fruta a almacenar semanalmente, el cual fue de 196,36 m³, considerando un diámetro promedio de 5 cm por fruto (Campos Rodriguez et al., 2023). Posteriormente, este volumen fue dividido entre la capacidad de cada pallet, estimada en 0,912 m³ (en base a sus dimensiones). Dado que los frutos presentan una forma irregular, se aplicó un factor de aprovechamiento del 65% para ajustar el cálculo al espacio real utilizable.

Tabla 5.16: Requerimientos de equipos de manipulación

Equipos	Cantidad	Capacidad	Capacidad requerida
Palets de plástico apilable con ventilación ENL-1210	140	0,91 m ³ /lote	0,91 m ³ /lote
Carrito tipo tolva ULINE-H-4186	3	567,00 Kg/lote	469,07 Kg/lote
Carro de transporte MTFR1265-FORDEMAND	1	2 200,00 Kg/lote	226,67 Kg/lote
Estantería metálica Esmelux-110901	10	40,00 caja/estante	33,16 caja/estante
Escalera con ruedas Esmelux-SG	5	-	-
Estantería de almacenamiento OCASAMI	8	-	-

Elaboración propia.

Tabla 5.17: Requerimientos de materiales, equipos y mobiliario del área de producción

Material, equipos y mobiliarios	Cantidad	Material Equipos y mobiliarios	Cantidad
Escritorio	4	Lámparas LED	5
Silla de oficina	4	Aire acondicionado	2
Computadora	4	Extintor	5
Cafetera	1	Engrapadora	3
Mesa para cafetera	1	Calculadora	3
Impresora	1	Internet de 300 Mbps (claro)	2
Archivero	2	Dispensador de agua	1
Teléfono de oficina	2	Hidro lavadora	1

Elaboración propia.

Requerimientos de equipos de transporte

Tabla 5.18: Requerimientos de equipos de transporte

Equipos	Cantidad	Capacidad	Capacidad requerida
Camión Hino SS1EKSA-2848 (año 2020)	1	17 230,00 ton/lote	15 679,36 ton/lote
Camión Isuzu 4HK1-TCN (año 2022)	1	280 cajas/lote	147 caja/lote
Microbús Toyota-Hiace 2007	1	16 personas	16 personas
Carretilla elevadora industrial JAC-CPCD30H	2	5,00 ton/lote	5,00 ton/lote

Elaboración propia.

Requerimientos de materia prima

Para calcular los requerimientos de materia prima e insumos, se consideraron los balances de materia y el número de días anuales de operación de la planta (280 días), tal como se determinó en el apartado de programa de producción.

Para el caso del hexano, el primer día de operación de la planta se llenará el tanque con la cantidad total requerida para una jornada completa. En los días siguientes, solo se repondrá la cantidad perdida en cada extracción. Además, se planificó que el tanque de solvente se vaciara y recargara por completo cada dos meses. En total,

el tanque se llenará completamente seis días al año, mientras que durante los 274 días restantes solo se repondrá el volumen perdido.

Los requerimientos de materia prima e insumos se proyectaron para los cinco años del horizonte, los resultados se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 5.19: *Requerimientos de materia prima e insumos 2025-2030*

No	Año	Maracuyá (Kg/año)	Hexano (L/año)
0	2025	2 423 795,68	51 580,33
1	2026	2 426 876,92	51 645,90
2	2027	2 429 938,73	51 711,05
3	2028	2 432 981,44	51 775,81
4	2029	2 436 005,38	51 840,16
5	2030	2 439 010,85	51 904,12

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Además de los insumos mencionados, también se incluyen los envases de vidrio, etiquetas, cajas de cartón y cintas de embalaje necesarios para cubrir el volumen de producción durante el horizonte del proyecto. Se consideró que los consumidores prefieren las presentaciones más pequeñas, por lo que el 80% de la producción se envasará en presentaciones de 30 mL, mientras que el 20% se distribuirá en envases de 50 mL. Los detalles de estos requerimientos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.20: *Requerimientos de materiales de envases y embalaje 2025-2030*

No	Año	Unidades de envases y etiqueta		Unidades de caja de cartón anual		Cinta de embalaje
		Presentación 30 mL	Presentación 50 mL	Presentación 30 mL	Presentación 50 mL	
0	2025	508 588	76 288	5 086	610	24
1	2026	509 235	76 385	5 092	611	24
2	2027	509 877	76 482	5 099	612	24
3	2028	510 516	76 577	5 105	613	24
4	2029	511 150	76 673	5 112	613	24
5	2030	511 781	76 767	5 118	614	24

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Requerimientos del laboratorio de control de calidad

Para garantizar los estándares de calidad del producto, se determinó la necesidad de realizar pruebas físicas, químicas y microbiológicas a lo largo del proceso de extracción. Estos análisis permitirán verificar la calidad del aceite de semilla de maracuyá y asegurar la inocuidad del producto para el consumidor. A continuación, se describen brevemente las pruebas y análisis requeridos.

Análisis físicos

- ✓ Prueba de humedad: Se mide la humedad de las semillas antes y después del secado, para verificar que, tras el proceso, la humedad sea inferior al 10% pero no menor al 5%, cumpliendo así las condiciones adecuadas para facilitar la extracción por prensado en frío.
- ✓ Prueba de densidad: La relación entre la masa y el volumen de aceite obtenido es un indicador que, fuera de los valores esperados permite detectar de manera inicial posibles adulteraciones o la presencia de impureza.
- ✓ Prueba de viscosidad: La viscosidad permite evaluar la consistencia del aceite de semilla de maracuyá y verificar si tienen la textura adecuada. Valores anormales pueden ser indicativos de contaminación o degradación del producto.

Análisis químicos

- ✓ Índice de acidez: Esta propiedad permite medir el grado de descomposición del aceite. Se utiliza como indicador general de la calidad y composición del aceite previo al uso por el consumidor (Ramírez Romero, 2014).
- ✓ Índice de peróxido: Permite medir el grado de oxidación inicial y es un indicativo de la rancidez que deteriora las propiedades organolépticas del aceite, afectando su calidad e inocuidad y reduciendo su vida útil (Universidad Politécnica de Valencia, 2023). Además, un mayor índice de peróxido indica una menor capacidad antioxidante, una propiedad de gran interés para el uso cosmético del aceite de semilla de maracuyá.
- ✓ Índice de yodo: Esta propiedad mide las insaturaciones en los ácidos grasos. Valores elevados indican una consistencia más líquida de lo normal, menor estabilidad a la oxidación y mayor propensión a la degradación. De esta manera, un valor dentro del rango permisible determina la pureza y calidad del aceite (Banfi, 2023). Además, el índice de yodo permite verificar si el aceite es apto para la industria cosmética, como se indica en el acápite 3.2.4.
- ✓ Análisis de cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID): Este método permite separar por GC los componentes que están presentes en la muestra. Luego el FID realiza un análisis cuantitativo para determinar el porcentaje de cada compuesto en el aceite esencial (St-Gelais, 2014). Este análisis es importante para verificar que la concentración de hexano está dentro del rango permisible y se apto para el consumidor.

Análisis microbiológicos

Este análisis es necesario para detectar la presencia de microorganismo biopeligrosos en el aceite extraído, tales como: hongos, bacterias, virus y mohos (DOTERRA, 2025).

Se optó por equipar el laboratorio de control de calidad con los equipos necesarios, ya que, al tratarse de una producción por lote, recurrir a servicios de laboratorio externos aumentaría los tiempos de espera para la liberación de cada lote. Además, el análisis por cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID) debe realizarse de forma recurrente para verificar que la concentración de hexano está dentro del rango permisible, lo que generaría costos continuos si se realiza fuera de la planta.

A continuación, se presentan las tablas de los equipos, materiales y reactivos necesarios en el área de control de calidad (ver tabla B.8 en anexos).

Tabla 5.21: *Requerimientos de equipos en el área de control de calidad*

Equipos	Cantidad	Prueba de calidad
Analizador de humedad	1	Humedad
Viscosímetro	1	Viscosidad
Incubadora microbiológica	1	Análisis microbiológico
Cromatógrafo de gases (FID)	1	Análisis GC-FID
Balanza analítica	1	
Campana extractora de laboratorio	1	
Aire acondicionado	2	Usos varios
Cafetera	1	
Dispensador de agua	1	
Computadora	3	
Microscopio	1	Análisis microbiológico
Lampara LED	4	

Elaboración propia.

Tabla 5.22: *Requerimientos de materiales y mobiliario en el área de control de calidad 2025-2030*

Materiales y mobiliario	Cantidad	Materiales y mobiliario	Cantidad
Picnómetro	2	Caja Pipeta	1
Termómetro	2	Vaso de precipitado 250 ml	5
Caja Tubo Durham	1	Extintor	2
Asa bacteriológica	2	Internet de 300 Mbps (claro)	1
Tubo de ensayo estéril	5	Mesa para cafetera	1
Mesa de acero inoxidable	2	Escritorio	1
Banco cromado	3	Silla de oficina	4
Estante de laboratorio	3	Mesa común	1
Erlenmeyer 250 ml	5	Estantería de almacenamiento	1
Varilla agitadora	5		
Bureta	3		

Elaboración propia.

Requerimientos del área administrativa – financiera

Para determinar los requerimientos del área administrativa-financiera, se consideró tanto el número de empleados asignados a esta área como los materiales, equipos y mobiliario necesarios para el adecuado desempeño de sus funciones. A continuación, se presenta las tablas con los requerimientos detallados.

Tabla 5.23: Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios en el área administrativa-financiera

Material, equipos y mobiliarios	Cantidad	Material Equipos y mobiliarios	Cantidad
Escritorio	8	Lámparas LED	9
Silla de oficina	22	Aire acondicionado	6
Computadora	8	Extintor	3
Cafetera	3	Engrapadora	8
Mesa para cafetera	3	Calculadora	8
Mesa de conferencia	1	Internet de 300 Mbps (claro)	3
Impresora	2	Proyector	1
Archivero	6	Dispensador de agua	3
Teléfono de oficina	4		

Elaboración propia.

Requerimiento del área de comercio

Para determinar los requerimientos del comercio, se consideró tanto el número de empleados asignados a esta área como los materiales, equipos y mobiliario necesarios para el adecuado desempeño de sus funciones. A continuación, se presenta las tablas con los requerimientos detallados.

Tabla 5.24: *Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios en el área comercio*

Material, equipos y mobiliarios	Cantidad	Material Equipos y mobiliarios	Cantidad
Escritorio	4	Lámparas LED	5
Silla de oficina	4	Aire acondicionado	2
Computadora	4	Extintor	1
Cafetera	1	Engrapadora	4
Mesa para cafetera	1	Calculadora	4
Dispensador de agua	1	Internet de 300 Mbps (claro)	1
Impresora	1	Teléfono de oficina	2
Archivero	4	Proyector	1

Elaboración propia.

Requerimiento del área de recursos humanos

Para determinar los requerimientos del área de recursos humanos, se consideró tanto el número de empleados asignados a esta área como los materiales, equipos

y mobiliario necesarios para el adecuado desempeño de sus funciones. A continuación, se presenta las tablas con los requerimientos detallados.

Tabla 5.25: *Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios del área de recursos humanos*

Material, equipos y mobiliarios	Cantidad	Material Equipos y mobiliarios	Cantidad
Escritorio	2	Lámparas LED	3
Silla de oficina	2	Aire acondicionado	1
Computadora	2	Extintor	1
Cafetera	1	Engrapadora	2
Mesa para cafetera	1	Internet de 300 Mbps (claro)	1
Teléfono de oficina	2	Archivero	3
Impresora	1	Dispensador de agua	1

Elaboración propia.

Requerimientos del área de comedor/casillero

Para determinar los requerimientos del área comedor/casillero, se consideró que la planta operará en dos turnos de trabajo. Durante el primer turno, se encontrarán laborando 31 personas y en el segundo turno 12 trabajadores. En base a esta distribución del personal, se calcularon los materiales, equipos y mobiliario para cubrir las necesidades de los empleados en sus horas de descanso. A continuación, se presentan las tablas con los requerimientos detallados.

Tabla 5.26: *Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios del área comedor/casillero*

Materiales, equipos y mobiliarios	Cantidad
Mesa rectangulares para 8 personas	7
Sillas plásticas apilables	56
Microondas	2
Refrigeradora	1
Cafetera	4
Bandejas	50
Set de cubiertos (cuchara, tenedor, cuchillo)	40
Dispensador de agua y caliente	3
Casilleros (capacidad 20 compartimiento)	2
Armario para almacenamiento de utensilios del comedor	3
Lámpara LED	6
Mesa para cafetera y microondas	4
Extintor	2

Elaboración propia.

Requerimiento del área de servicios sanitarios

Para determinar los requerimientos del área de servicios sanitarios, se consideró la cantidad de personas que laboran en la planta extractora y la distribución del personal en los dos turnos de operación, con el objetivo de garantizar el

cumplimiento de sus necesidades sanitarias e higiénicas. A continuación, se presentan las tablas con los requerimientos detallados.

Tabla 5.27: *Requerimientos de materiales, equipos y mobiliarios del área de sanitarios*

Material, equipos y mobiliarios	Cantidad
Inodoro	6
Lavamanos	6
Espejos	6
Cubo de basura de acero inoxidable	6
Dispensador de jabón líquido	2
Dispensador de papel higiénico	4
Dispensador de papel de mano	4
Secador de mano eléctrico	2
Lampara LED	5
Estantería de almacenamiento	3

Elaboración propia.

La cantidad de baños requeridos en la planta se determinó conforme al artículo 110 de la Ley 618, relativa a la seguridad e higiene del trabajo, el cual establece que es obligatorio instalar un inodoro por cada 10 personas (INATEC, 2018). Por lo tanto, para una planta con 51 empleados se requieren seis inodoros, distribuidos por género: tres para mujeres y tres para hombre.

Requerimiento de agua

El cálculo del consumo anual de agua de la planta extractora se llevó a cabo considerando lo siguiente:

- ✓ Proceso de lavado: El consumo de agua requerido para lavar los frutos de maracuyá se determinó a partir de los balances de materia proyectados para los cinco años del horizonte. La lavadora de frutas GG-XQ4000, que se seleccionó para el proceso, cuenta con un sistema de recirculación del agua y esta se cambia al final de cada jornada. Por lo tanto, el consumo de agua anual del equipo se calculó considerando que la planta opera durante 280 días al año.
- ✓ Proceso de limpieza: Para este proceso, se seleccionó la lavadora de semillas industrial YXM-500, que requiere un consumo de agua de 6,5 L por kilogramo de semilla a limpiar. Por lo tanto, el consumo total de agua se calculó considerando la cantidad de semillas proyectada en los balances de materia para los cinco años del horizonte y los días de operación de la planta extractora.
- ✓ Proceso de extracción por solvente: Los requerimientos de agua para las etapas de extracción, evaporización y condensación del extractor por solvente DTWZ-D-2 se determinaron a partir del balance de energía

proyectados para los cinco años del horizonte y los días de operación de la planta extractora (ver figura A.8 en anexos).

- ✓ **Mantenimiento de equipos:** El consumo de agua para el mantenimiento de los equipos se estimó en función del tamaño de los equipos de la planta extractora (Ver figura A.9 en anexos), la frecuencia de lavado establecida en el plan de mantenimiento (Ver tabla B.7 en anexos) y la capacidad de la hidrolavadora marca Ducati seleccionada. Además, se consideró que, en promedio, cada equipo requiere un tiempo de lavado de una hora.
- ✓ **Consumo por personal:** Para el cálculo del consumo de agua del personal de la planta extractora, se consideró que la dotación de agua para industrias con necesidades de aseo es de 100 litros por trabajador al día (NORMA TÉCNICA I.S. 010, 2005). En este consumo incluye: el uso de los servicios sanitarios, aseo personal, limpieza de áreas comunes, el lavado de herramientas o equipos personales, y la preparación de comida y bebidas.

A continuación, se presentan los requerimientos anuales de agua para la planta extractora, proyectados para los cinco años del horizonte.

Tabla 5.28: *Requerimientos de agua 2025-2030*

Requerimientos	Consumo de agua (m ³ /año)					
	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Proceso de lavado	2 410,80	2 410,80	2 410,80	2 410,80	2 410,80	2 410,80
Proceso de limpieza	43,11	43,17	43,22	43,28	43,33	43,38
Proceso de extracción por solvente	28,07	28,10	28,14	28,17	28,21	28,24
Mantenimiento de equipos	677,70	677,70	677,70	677,70	677,70	677,70
Consumo por personal	1 428,00	1 428,00	1 428,00	1 428,00	1 428,00	1 428,00
TOTAL	4 587,68	4 587,77	4 587,86	4 587,95	4 588,04	4 588,12

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Requerimiento de combustible

En la tabla 5.30 se presentan los requerimientos anuales de combustible para los distintos equipos utilizados en el transporte de materia prima y producto final, así como para la caldera empleada en el proceso de extracción por solvente. Todos estos equipos operan con diésel. El consumo de combustible se determinó a partir de las fichas técnicas de cada equipo, mientras que, en el caso de la caldera, se calculó con base en los balances de energía (ver figura A.10 en anexos).

Asimismo, se consideró que la planta se encuentra a 37,2 km del municipio de San Ramón (principal proveedor) y que se requieren dos viajes para el transporte total de los frutos de maracuyá. Por otro lado, la distancia hasta el mercado meta en el municipio de Managua es de 113 km, a la cual se sumaron 50 km adicionales para la distribución del producto a distintos minoristas dentro del municipio.

Tabla 5.29: Requerimiento de combustible

Equipo	Cantidad	Consumo de combustible	Tiempo o distancia de operación	Nº días de uso	Consumo de combustible (L/año)
Camión Hino SS1EKSA-2848 (2020)	1	11 KmPG	148,8 Km	104	5 324,88
Camión Isuzu/4HK1-TCN (2022)	1	16 KmPG	276 Km	52	3 395,15
Microbús Toyota-Hiace 2007 (recorrido turno I)	1	10.1 KmPL	13,84 Km	280	383,68
Microbús Toyota-Hiace 2007 (recorrido turno II)	1	10.1 KmPL	16,92 Km	280	469,07
Carretilla elevadora JAC-CPCD30H (A)	2	6 L/h	4 h	104	2 496,00
Carretilla elevadora JAC-CPCD30H (B)	1	6 L/h	6 h	280	10 080,00
Gran extractor DTWZ-D-2	1	1.82 G/h	3 h	280	5 776,55
TOTAL					27 925,32

Nota: El equipo JAC-CPCD30H se emplea en dos etapas del proceso: la recepción de materia prima (A) y su transporte al área de producción (B). Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Requerimiento de electricidad

En las siguientes tablas se presenta los requerimientos energéticos de los equipos utilizados en las diferentes áreas de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá.

Tabla 5.30: Requerimientos energéticos de los equipos de proceso

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	N.º días de uso anual	Consumo de energía (kW*h/año)
Balanza industrial rampa-Yoahua	1	0,12	1	52	6,24
Cámara frigorífica MONKFRI-MAS340T485E	1	8,46	24	280	56 851,20
Volcador de palets PBT-1000MG	1	2,20	4	280	2 464,00
Mesa de clasificación FSC-6000MG	1	0,55	4	280	616,00
Lavadora de burbuja para fruta GG-XQ4000	1	6,60	4	280	7 392,00
Transportador inclinado con tolva DORNER	1	1,30	4	280	1 456,00
Separadora de semillas, cáscara y pulpa GG-5	1	4,00	4	280	4 480,00
Transportador de tornillo HAIHUI	3	3,00	4	280	10 080,00
Lavadora de semillas industrial YXM-500	1	1,50	4	280	1 680,00
Horno de secado KR-C-192	1	50,70	4	280	56 784,00

Separador por gravedad de semillas Haide APM-5XZ	1	0,55	2	280	308,00
Triturador universal DAYONG-3OB	1	5,50	2	280	3 080,00
Prensadora de aceite de tornillo MIKIM-6YL-170	1	29,20	2	280	16 352,00
Transportador ajustable MIKIM-TLSC100X3500	1	1,10	2	280	616,00
Gran extractor DTWZ-D-2	1	84,00	3	280	70 560,00
Bomba helicoidal doble tornillo HYGHSPIN-70H	3	3,50	1	280	2 940,00
Filtro de aceite centrifugo MIKIM-MIK50	1	2,20	1	280	616,00
Máquina llenadora automática VIRO-DSC100-02	1	2,00	1	280	560,00
Aire acondicionado innovair - VIN414C1V32	2	3,51	24	280	47 174,40
Elevador eléctrico de palets CDD-B15E	2	2,95	2	280	3 304,00
TOTAL					287 319,84

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.31: *Requerimientos energéticos de los equipos del área de producción*

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Nº días de uso anual	Consumo de energía (kW*h/año)
Computadora Pentium-J5040	4	0,18	8	280	1 612,80
Cafetera Durabrand-CM1089	1	0,90	3	280	756,00
Impresora HP-1F3W2A	1	0,06	4	280	66,08
Lámpara LED T249L	5	0,02	8	280	201,60
Aire acondicionado Mastertech-MTM1211DW1	2	3,48	8	280	15 590,40
Teléfono RadioShack-4304326	2	0,001	8	280	4,48
Dispensador de agua Durabrand-GM05JX1E	1	0,60	8	280	1 344,00
Hidrolavadora Ducati	1	1,4	24	12	403,20
TOTAL					19 978,56

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.32: *Requerimientos energéticos de los equipos del área de control de calidad*

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Nº días de uso anual	Consumo de energía (kW*h/año)
Analizador de humedad OHAUS-MB23	1	0,45	1	280	126,00
Viscosímetro GOYOJO-NDJ-5S	1	0,0048	1	280	1,34

Incubadora microbiológica VEVOR-20L-PYX	1	0,40	24	104	998,40
Microscopio Ultramed-XSZ-107BN	1	0,02	4	104	8,32
Cromatógrafo de gases (FID) AIYI-AHF900	1	1,50	0.65	156	152,10
Campaña extractora de laboratorio Foshanyingde-AF-01	1	1,20	4	280	1 344,00
Aire acondicionado Mastertech-MTM1211DW1	2	3,48	8	280	15 590,40
Cafetera Durabrand-CM1089	1	0,90	4	280	1 008,00
Dispensador de agua Durabrand-GM05JX1E	1	0,60	16	280	2 688,00
Lámpara LED T249L	4	0,02	16	280	322,56
Computadora Pentium-J5040	3	0,18	8	280	1 209,60
Balanza analítica Hanchen	1	0,004	16	280	17,92
TOTAL					23 466,64

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.33: *Requerimientos energéticos de los equipos del área administrativa-financiera*

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Nº días de uso anual	Consumo de energía (kW*h/año)
Computadora Pentium-J5040	8	0,18	8	280	3 225,60
Cafetera Durabrand-CM1089	3	0,90	3	280	2 268,00
Impresora HP-1F3W2A	2	0,06	4	280	132,16
Lámpara LED T249L	9	0,02	8	280	362,88
Aire acondicionado Mastertech-MTM1211DW1	6	3,48	8	280	46 771,20
Teléfono RadioShack-4304326	4	0,001	8	280	8,96
Dispensador de agua Durabrand-GM05JX1E	3	0,60	8	280	4 032,00
Proyector RadioShack-1608002	1	0,30	1	280	83,72
TOTAL					56 884,52

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.34: *Requerimientos energéticos de los equipos del área comercio*

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Nº días de uso anual	Consumo de energía (kW*h/año)
Computadora Pentium-J5040	4	0,18	8	280	1 612,80
Cafetera Durabrand-CM1089	1	0,90	3	280	756,00
Impresora HP-1F3W2A	1	0,06	4	280	66,08

Proyector RadioShack-1608002	1	0,30	1	280	83,72
Lámpara LED T249L	3	0,02	8	280	120,96
Aire acondicionado Mastertech-MTM12I1DW1	2	3,48	8	280	15 590,40
Teléfono RadioShack-4304326	3	0,001	8	280	6,72
Dispensador de agua Durabrand-GM05JX1E	1	0,60	8	280	1 344,00
TOTAL					19 580,68

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.35: *Requerimientos energéticos de los equipos del área de recursos humanos*

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Nº días de uso anual	Consumo de energía (kW*h/año)
Computadora Pentium-J5040	2	0,18	8	280	806,40
Cafetera Durabrand-CM1089	1	0,90	3	280	756,00
Teléfono RadioShack-4304326	2	0,001	8	280	4,48
Impresora HP-1F3W2A	1	0,06	4	280	66,08
Lámpara LED T249L	3	0,02	8	280	120,96
Aire acondicionado Mastertech-MTM12I1DW1	1	3,48	8	280	7 795,20
TOTAL					9 549,12

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.36: *Requerimientos energéticos de los equipos del área comedor/casillero y servicios sanitarios*

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Nº días de uso anual	Consumo de energía (kW*h/año)
Microondas Oster-OGMM41010M	2	0,90	4	280	2 016,00
Refrigeradora Oster-OS NFT1000DDSI	1	0,15	16	280	672,00
Cafetera Durabrand-CM1089	4	0,90	4	280	4 032,00
Dispensador de agua Durabrand-GM05JX1E	3	0,60	16	280	8 064,00
Lámpara LED T249L	11	0,02	16	280	887,04
Secador de mano eléctrico	2	1,90	4	280	4,256,00
TOTAL					19 927,04

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Requerimientos indirectos

En este apartado se detallan los requerimientos indirectos que deben renovarse periódicamente durante los cinco años del horizonte de planificación, para el correcto funcionamiento de la planta extractora y el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad. En estos requerimientos se consideró los siguiente: equipos de protección personal (EPP), insumos de limpieza, insumos del área de control de calidad, uniformes, material de oficina, así como materiales e insumos para el mantenimiento de los equipos de producción.

A continuación, se presenta una tabla con el desglose de los requerimientos indirectos necesarios para las distintas áreas de la planta.

Tabla 5.37: *Requerimientos indirectos de la planta extractora*

Requerimientos	Cantidad/año	Requerimientos	Cantidad/año
Detergente industrial (1 gal)	60	Etanol (L/año)	7,5
Desengrasante (1 gal)	100	Éter etílico (L/año)	3,75
Máscara de gas	8	Fenoltaleína (ml)	15
Caja tapones para oído reutilizable	20	Hidróxido de potasio 0.1 N (L/año)	2
Gafas de seguridad	30	Ácido acético (L/año)	1,5
Cascos de seguridad	30	Cloroformo (L/año)	3
Guantes para hornos industriales	5	Yoduro de potasio (L/año)	1,5
Botas de seguridad punta de acero	25	Reactivo Wijs (L/año)	3,7
Uniforme de vigilantes	8	Almidón al 1% (L/año)	0,3
Uniforme de personal de limpieza	6	Tiosulfato de sodio 0.01 N (L/año)	8
Recogedor	6	Tiosulfato de sodio 0.1 N (L/año)	4
Escoba	18	Medios de cultivo Agar PCA (500g)	24 paquete
Fregona	6	Medio de cultivo PDA (500 g)	24 paquete
Talocha con esponja	18	Medio de cultivo EMB (500 g)	24 paquete
Jabón líquido para manos (1 gal)	52	Agua destilada (L/año)	20
Set de 6 papel higiénico	1 032	Batas de laboratorio	6
Set papel de mano	144	Set Capsula de aluminio	24
Desinfectante (1gal)	840	Set de 30 placas Petri	2
Ambientador (1 gal)	840	Set Grapas	192
Caja de guantes de látex (100 unidades)	216	Resma de papel	384
Caja de red para el cabello (1000 unidades)	6	Set de lapicero	192
Caja de mascarillas desechables (100 unidades)	216	Set sujeta papeles	192
Hipoclorito de sodio al 12% (1 gal)	280		

Elaboración propia.

5.2.5. Obras civiles

Descripción de las áreas de las plantas

Para la distribución de las diferentes áreas en la planta extractora, se estableció que cada empleado con oficina individual contará con un espacio de 4 m² y 3 m² por persona en las zonas comunes, con el fin de cumplir con las condiciones ergonómicas adecuadas para el desempeño de sus funciones, establecidas en la Ley N°.618, Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo, referente a la ergonomía industrial.

Adicionalmente, se asignaron 2 m² de superficie libre por trabajador, donde se consideró los pasillos de circulación en el área correspondiente. Estas medidas tienen como objetivo garantizar una movilidad segura, que minimice los riesgos para la seguridad, salud y bienestar general del personal (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2007)

Descripción general de los alrededores y entradas

Se estableció que el perímetro de la planta estará protegido por una cerca de alambre de púas de alta resistencia de 3 metros de altura. Para disponer de un control de acceso efectivo, se decidió instalar casetas de control en las entradas principales de la planta, que funcionarán como puntos de registro y seguridad con el propósito de restringir el acceso a personas no autorizadas. Se determinaron tres accesos principales: uno para el transporte de materia prima, insumos y producto final (acceso vehículos pesados), otro para vehículos del personal (acceso vehículos livianos) y un tercero para el personal (acceso peatonal).

El cálculo de las dimensiones de la puerta de entrada y salida para el tránsito de vehículos particulares y pesado se realizó considerando un ancho mínimo 7 metros y una altura de 3 metros desde el piso al techo (Alcaldía de Managua, 2021). En cuanto a la vía de acceso peatonal, se establecieron dimensiones de 2 metros de alto y 1,20 metros de ancho para los pasillos (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2007).

Se determinó que el área de maniobra contará con un radio de giro de 10 metro para facilitar el ingreso y salida de vehículos sin riesgo de colisiones. De esta forma, la circulación dentro de la planta, tanto para camiones de carga como para vehículos particulares será eficiente y sin obstrucciones.

Zona de carga y descarga (699,40 m²)

En esta área se llevará a cabo la recepción de materia prima e insumos y la carga del producto final al camión que lo transportará al mercado meta. Por lo tanto, se consideró que, para la correcta circulación de los camiones, el área de aparcamiento y maniobra debe tener una longitud de dos veces el tamaño del camión más largo,

más 2 metros adicionales entre la pared de los almacenes y el camión (dockequipmet, 2015). De tal manera, que una vez dentro de la zona de carga y descarga, el camión cuente con suficiente espacio para retroceder y quedar alineado para su salida (ver figura A.11 en anexos).

El ancho de esta zona se calculó considerando el espacio requerido para el giro de maniobra del camión, así como la movilidad de los equipos y personal encargado del transporte y almacenamiento. Por lo tanto, el ancho será igual al tamaño del camión más el radio de giro de 10 metros y 2 metros adicionales entre la pared de la zona y el camión. Tomando como referencia un camión de 12 metros, las dimensiones calculadas para la zona de carga y descarga fueron de 26 metros de longitud y 26,9 metros de ancho (considerando las dimensiones de cada almacén), con un área de 699,40 m².

Almacenamiento (349,70 m²)

En esta área se agruparon los almacenes de materia prima, producto terminado e insumos de envases y embalaje, cuyas dimensiones se calcularon como se detalla a continuación:

Almacén de materia prima (153,27 m²): Se determinó que para almacenar 62,72 ton de frutos de maracuyá (semanal), se requieren 140 palets, distribuidos en cuatro filas de 36 palets cada una, con dimensiones de 13,2 x 1 m. Se dejó un espacio de 1,2 metros entre filas y paredes para una óptima circulación del personal y del elevador eléctrico de palets CDD-B15E. Con base en estos requerimientos, el área necesaria calculada fue de 132 m², para lo cual se seleccionó la cámara frigorífica de 153,27 m².

Almacén de producto terminado (31,92 m²): Se estableció que la capacidad del almacén será de 147 cajas de aceite de semilla de maracuyá (ver figura A.12 en anexos), equivalente a una semana de producción. Para esto, se requieren 4 estante con capacidad de 40 caja cada uno. Se dejó un espacio de 1,2 m entre estantes y entre las paredes del almacén para facilitar la circulación del personal, la movilidad de los equipos de transporte y el uso de la escalera de manipulación. Con base a estos requerimientos, el área calculada fue de 31,92 m².

Almacén de insumos de envases y embalaje (45,36 m²): Este espacio se asignó al almacenamiento de cinta adhesiva de embalaje, las etiquetas del producto y los envases de vidrio de 30 y 50 mL (ver figura A.13 en anexos). Para esto, se determinaron 5 estantes con capacidad de 40 cajas cada uno, para distribuir las 184 cajas con botellas de vidrio, además de un estante adicional para la cinta adhesiva y las etiquetas. Se dejó un espacio de 1,2 m entre estantes y entre las paredes para facilitar la circulación, requiriendo un área total de 45,36 m².

El área total de la zona de almacenamiento se obtuvo sumando las áreas de los tres almacenes descritos previamente, además de considerar los 2 m² de superficie libre por los 6 trabajadores que se requieren en esta área. A partir de estos datos, se

determinó que se requieren 26,9 m de longitud por 13 m de anchura. Por lo tanto, el área total calculada fue de 349,70 m².

Producción (818,64 m²)

El área de producción calculada fue de 818,64 m², distribuida de la siguiente manera (ver figura A.14 en anexos para más detalles):

- ✓ La zona de planificación y supervisión de producción, con un área de 41,73 m², contará con 4 oficina, y una zona común.
- ✓ La zona de proceso de producción, con 729 m², donde se considera el espacio para cada equipo, desde la selección hasta el envasado, así como el espacio necesario para una distribución que permita la circulación eficiente de los operarios, y una distancia optima de 0,80 metros entre equipos para minimizar riesgos de accidentes (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2007).
- ✓ Bodega de EPP, con 16,64 m², contará con 3 estantes para almacenar los Equipos de Protección Personal. Se dejó un espacio de 1 metro entre estantes y entre las paredes de la bodega para facilitar la circulación del personal.
- ✓ Bodega de mantenimiento, con 31,72 m², donde se almacenará los materiales necesarios para el mantenimiento y los equipos requeridos como la hidro lavadora Ducati, para la limpieza de los mismo.

Control de calidad (39,70 m²)

El área de control de calidad estará conformada por una oficina, una zona común con una capacidad de 3 personas, un laboratorio y una bodega para almacenar los insumos necesarios para realizar las pruebas físico-químicas y microbiológicas durante el proceso de producción y en el producto final. Para el cálculo del área se consideró el mobiliario y los equipos requeridos en cada una de las zonas mencionadas. El área total calculada fue de 39,70 m² (ver figura A.15 en anexos para más detalles).

Área administrativa-financiera (161,56 m²)

El área administrativa-financiera estará conformada por ocho oficinas y una zona común con una capacidad de 22 personas. En esta área se incluyó las oficinas del gerente general y el jefe de servicios generales. Para el cálculo del área se consideró el mobiliario y los equipos requeridos tanto en las oficinas como la zona común. El área total calculada fue de 161,56 m² (ver figura A.16 en anexos para más detalles).

Área de comercio (42,38 m²)

El área de comercio estará conformada por cuatro oficinas y una zona común con una capacidad de 3 personas. Para el cálculo del área se consideró el mobiliario y los equipos requeridos tanto en las oficinas como la zona común. El área total calculada fue de 42,38 m² (ver figura A.17 en anexos para más detalles).

Área de recursos humanos (27,26 m²)

El área de recursos humanos estará conformada por dos oficinas y una zona común con una capacidad de 2 personas. Para el cálculo del área se consideró el mobiliario y los equipos requeridos tanto en las oficinas como la zona común. El área total calculada fue de 27,26 m² (ver figura A.18 en anexos para más detalles).

Área comedora/casillero (206,98 m²)

Esta área fue diseñada para proporcionar un espacio de descanso al personal de la planta extractora, donde puedan descansar durante sus momentos libres y consumir sus alimentos según su turno de trabajo (desayuno, almuerzo o cena). Además, se incluyó la instalación de equipos domésticos para la conservación y preparación de comidas y bebidas. Para el cálculo del área se consideró el mobiliario y los equipos requeridos, la zona común y el espacio libre para una capacidad de 36 personas que representa el 76% del personal total de la planta. El área total calculada fue de 206,98 m² (ver figura A.19 en anexos para más detalles).

Área de servicios sanitarios y limpieza (58,60 m²)

El área de servicios sanitarios y limpieza, está conformada por los baños, una zona en común con una capacidad de seis personas y una bodega de 16,60 m² para el almacenamiento de insumos e instrumentos de limpieza. La bodega cuenta con espacio para tres estantes, se dejó una distancia de 1 metro entre ellos y con respecto a las paredes.

En el apartado de Requerimientos del área de servicios sanitarios, se estableció que en la planta extractora se requieren seis baños, cuyas dimensiones se determinaron conforme a la Norma Técnica Nicaragüense de Dimensionamiento Habitacionales. Según esta normativa, cada baño debe contar con un área mínima de 3 m² cuando están dotados de inodoro y lavamanos (NORMA TÉCNICA N°. NTON 12 007-04, 2006).

En base en estos requerimientos, el área calculada para los servicios sanitarios fue de 42 m². Por lo tanto, el área total de servicios sanitarios y limpieza fue de 58,60 m² (ver figura A.20 en anexos para más detalles).

Estacionamiento (1 408,00 m²)

Para determinar el área de estacionamiento de la planta, se tomó como referencia la Cartilla Urbanística del Municipio de Managua, en la cual se establece que todo estacionamiento donde los vehículos deban estacionarse en ambos lados en ángulo de 90°, debe tener un ancho mínimo de 22 metros, distribuidos de la siguiente manera (Alcaldía de Managua, 2021):

- ✓ Un área central de 7 metros de ancho, para la circulación de vehículos en ambos sentidos.
- ✓ Un acceso de entrada y salida al estacionamiento, con un ancho de 7 metros.
- ✓ Cada espacio de estacionamiento tendrá un área de 2,50 metros de ancho por 5,50 metros de largo, en ángulo de 90° con respecto al borde del andén (ver figura A.21 en anexos para más especificaciones y detalles).

Respetando estas condiciones, un estacionamiento en ángulo de 90°, con capacidad de 20 vehículos debe contar con dimensiones mínimas de 22,00 metros de ancho por 32 metros de largo. Dado que la planta requiere un estacionamiento con capacidad de 40 vehículos, el área total calculada fue de 1 408,00 m² (ver figura A.22 en anexos para más detalles).

Área de circulación

El área de circulación conecta las distintas áreas de la planta extractora, cuya distribución y dimensiones fueron previamente calculadas y conforma el área neta total. De esta forma, se tomó en cuenta el área requerida para los pasillos, escaleras y corredores, los cuales optimizan el flujo de accesibilidad dentro de la planta. Su cálculo se realizó mediante las siguientes ecuaciones (GSA, 2012):

$$NSF \times CM = USF \quad (\text{Ecuación 5.6})$$

$$\text{Área de circulación} = USF - NSF \quad (\text{Ecuación 5.7})$$

Donde:

NSF: 3 812,23 m²

CM: 1,40 (valor recomendado para plantas con espacios mayormente cerrados).

USF: Área total de la planta incluida área de circulación.

$$3\,812,23\,m^2 \times 1,40 = 5\,337,12\,m^2$$

$$\text{Área de circulación} = (5\,337,12 - 3\,812,23)m^2$$

$$\text{Área de circulación} = 1\,524,89\,m^2$$

El área de circulación de la planta extractora fue de 1 524,89 m² representando el 28,57% del área total utilizable. En la siguiente tabla se presenta la distribución de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá con sus respectivas áreas calculadas:

Tabla 5.38: *Distribución de la planta por área*

No.	Descripción	Área (m ²)
1	Zona de carga y descarga	699,40
2	Almacenamiento	349,70
3	Producción	818,64
4	Control de calidad	39,70
5	Administrativa-financiera	161,56
6	Comercio	42,38
7	Recursos humanos	27,26
8	Comedor/casilleros	206,98
9	Servicios sanitarios y limpieza	58,60
10	Estacionamiento	1 408,00
	Área de circulación	1 524,89
	TOTAL	5 337,12

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Matriz System Layout Plan (SLP)

Para realizar la matriz SLP, se consideraron las áreas que conforman la planta, y cada celda se llenó con un rombo dividido en dos partes: en la parte superior se colocó el código de orden de proximidad y en el inferior, el código de razones. Así, cada rombo representa tanto el grado de proximidad entre dos áreas de la planta como la razón de dicha cercanía. En las tablas 5.39 y 5.40 se presentan los códigos utilizados en la matriz SLP:

Tabla 5.39: *Código de orden de proximidad entre las áreas de la planta*

Código	Orden de proximidad
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinario o normal
U	Sin importancia
X	Indeseable

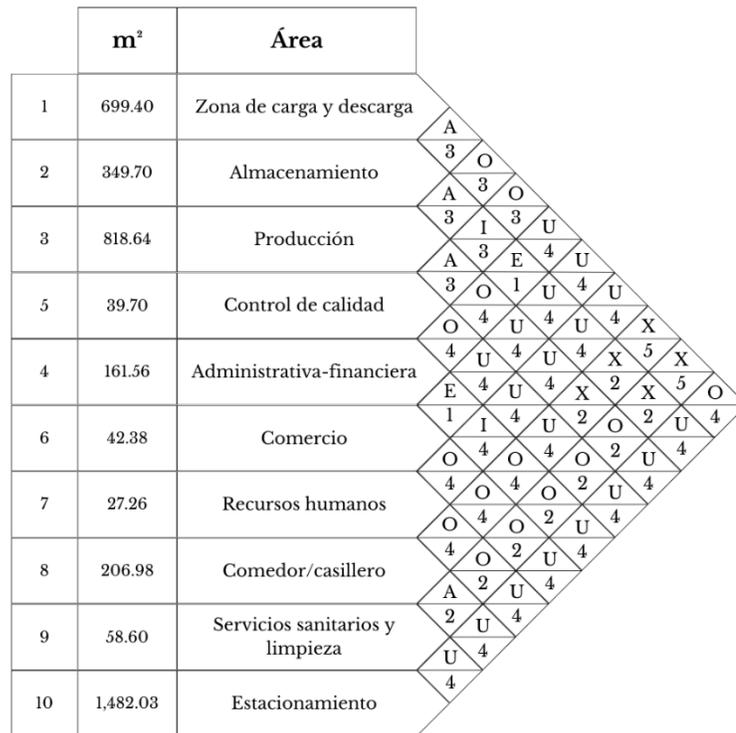
Elaboración propia.

Tabla 5.40: *Código de razones de proximidad entre las áreas de la planta*

Código	Razón
1	Por control
2	Por higiene
3	Por proceso
4	Por conveniencia
5	Por seguridad

Elaboración propia.

Figura 5.7: Matriz System Layout Plan (SLP)



Nota. El diseño del material gráfico fue realizado en la plataforma Canva. *Elaboración propia.*

Diagrama de hilos

El diagrama de hilo se elaboró a partir de la información de la Matriz System Layout Plan (SLP). En el diagrama se representó la planificación del espacio industrial y la logística de la planta extractora, además de permitir la visualización del flujo de materiales y del personal dentro de la planta.

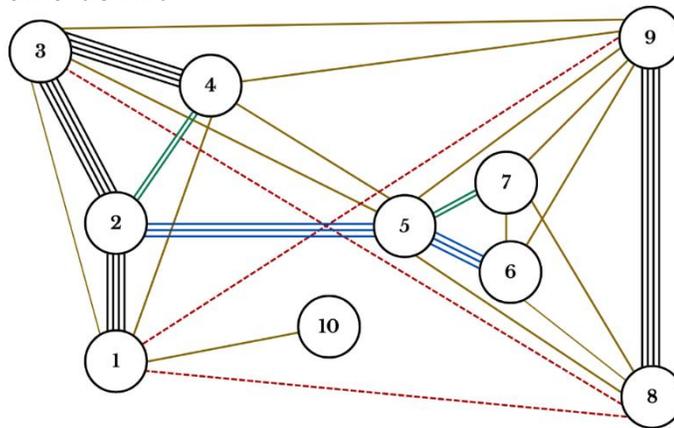
En la siguiente tabla presenta el código de línea utilizado para establecer la distribución de las diferentes áreas de la planta de acuerdo a su orden de proximidad en la figura 5.7.

Tabla 5.41: Leyenda del diagrama de hilo

Código	Orden de proximidad	Código en línea
A	Absolutamente necesaria	=====
E	Especialmente importante	===== ===== ===== =====
I	Importante	===== =====
O	Ordinario o normal	=====
U	Sin importancia	=====
X	Indeseable	-----

Elaboración propia.

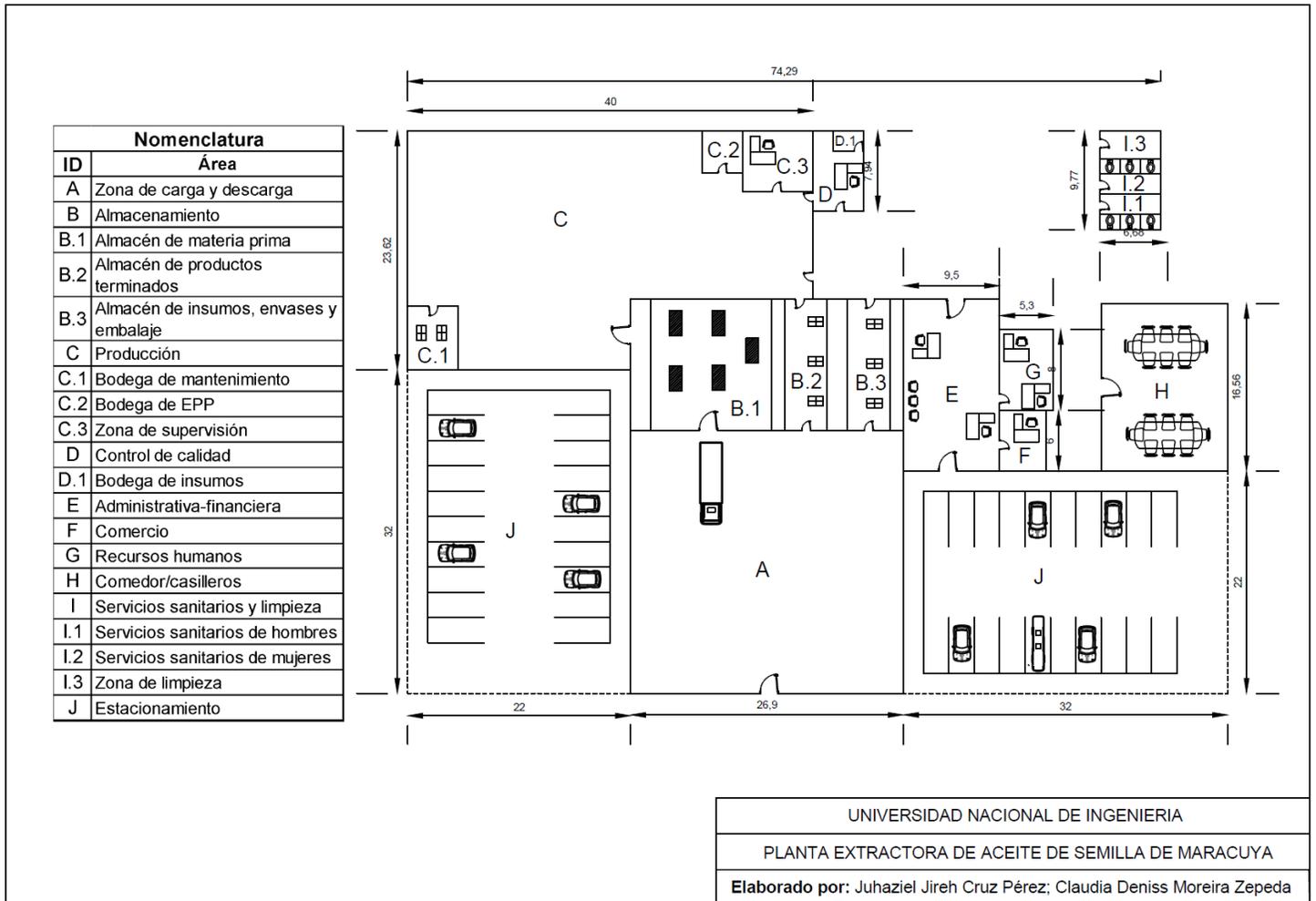
Figura 5.8: Diagrama de hilo



Nota. El diseño del material gráfico fue realizado en la plataforma Canva *Elaboración propia.*

Plano general maestro

Figura 5.9: Plano general maestro



Nota: El plano general maestro fue elaborado en AutoCAD. *Elaboración propia.*

Cronograma de actividades

Para elaborar el cronograma de actividades, primero se definió el programa de actividades de la planta extractora, lo cual garantizó una gestión eficiente del tiempo y un seguimiento efectivo del proyecto. Este programa se presenta en la tabla 5.42, donde se enumeraron las actividades necesarias para la puesta en marcha de la planta y se indicó la duración estimada en semanas de cada una.

Además, se estableció el orden de las actividades y se identificaron aquellas que dependen de la finalización de otras para poder comenzar. Esto facilitó el cálculo del tiempo total requerido para completar el proyecto, así como la toma de decisiones y la planificación de ajustes en caso de imprevistos.

Tabla 5.42: Programa de actividades

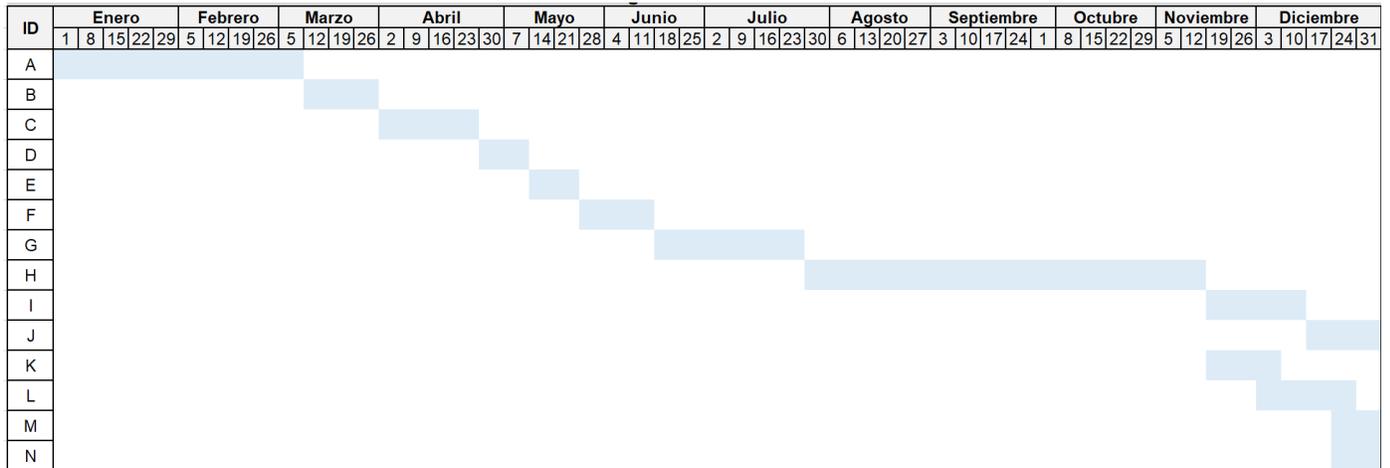
Actividad	ID	Duración (semana)	Inicio	Final	Precedencia
Realización del estudio de prefactibilidad	A	10	1/1/2025	11/3/2025	-
Conformación de la empresa	B	3	12/3/2025	1/4/2025	A
Obtención de financiamiento	C	4	2/4/2025	29/4/2025	A,B
Compra del terreno	D	2	30/4/2025	13/5/2025	A,C
Selección y contratación del diseñador y supervisor del proyecto	E	2	14/5/2025	27/5/2025	C,D
Contratación de la empresa constructora y equipos de construcción	F	3	28/5/2025	17/6/2025	C,D,E
Diseño de obras civiles, instalaciones eléctricas e hidráulicas	G	6	18/6/2025	29/7/2026	D,E,F
Construcción de la obra	H	16	30/7/2025	18/11/2025	F,G
Adquisición de maquinarias y equipos	I	4	19/11/2025	16/12/2025	H
Recepción e instalación de equipos	J	3	17/12/2025	31/12/2025	I
Reclutamiento, selección y contratación de personal	K	2	19/11/2025	3/12/2025	H
Capacitación del personal	L	3	4/12/2025	24/12/2025	J,K
Prueba de proceso y equipos	M	2	24/12/2025	31/12/2025	L
Puesta en marcha	N	1	24/12/2025	31/12/2025	M

Elaboración propia.

El cronograma de actividades recopila la información de la tabla anterior y muestra la duración total del proyecto, distribuyendo cada actividad a lo largo de los meses del año 2025. El proyecto comienza el primero de enero y finaliza el treinta y uno de diciembre.

Para facilitar el seguimiento, el cronograma se organizó en los doce meses del año, y cada mes se subdividió en semanas, con intervalos de 7 días. De este modo, se proporcionó una visión clara y precisa del progreso de las actividades. A continuación, en la figura se presenta el cronograma de actividades.

Figura 5.10: Cronograma de actividades



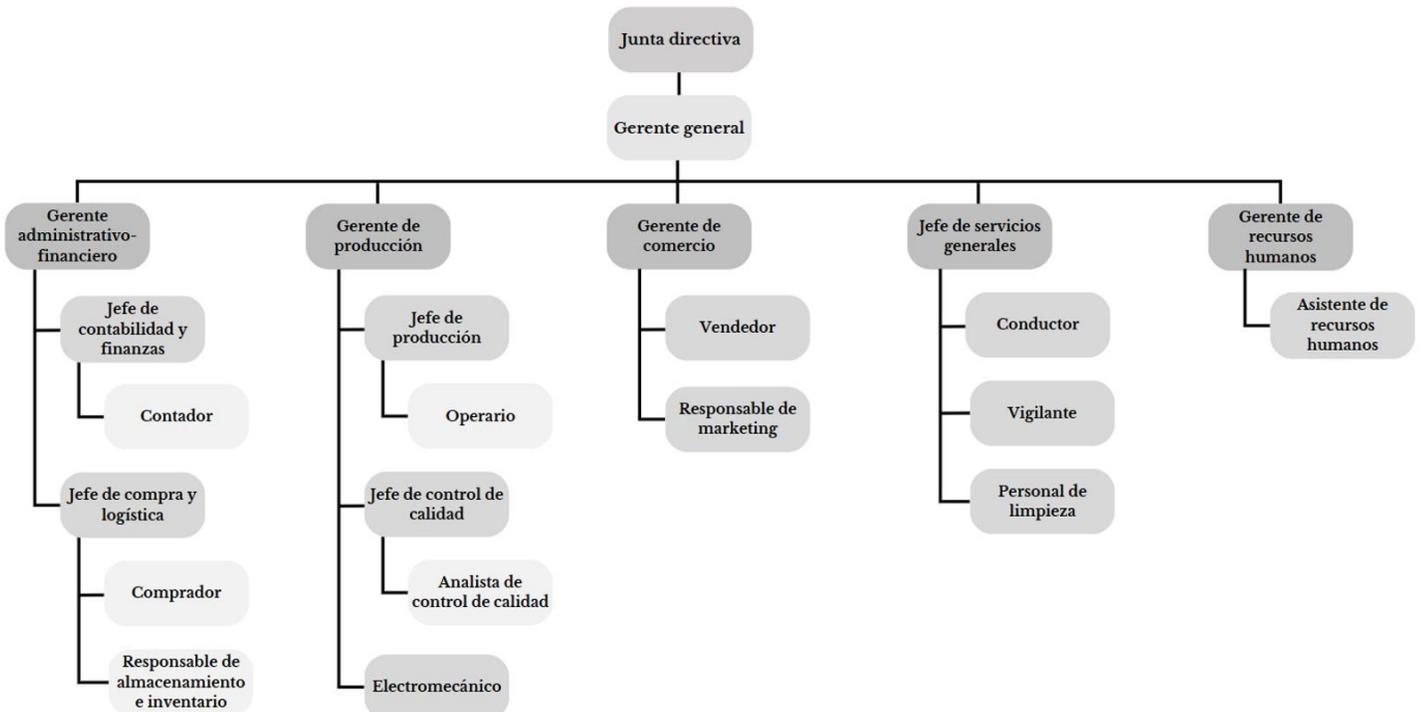
Elaboración propia

5.2.6. Planificación del talento humano

Organigrama

En la siguiente figura se presenta el organigrama de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá:

Figura 5.11: Organigrama de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá



Nota. El diseño del material gráfico fue realizado en la plataforma Canva. *Elaboración propia.*

Requerimientos de mano de obra directa

Para determinar los requerimientos de mano de obra directa de la planta extractora, se identificó al personal que participa directamente en la transformación de la materia prima en producto terminado. Es decir, se conformó este grupo con las personas que están vinculada de manera directa con las operaciones productivas de la planta extractora. La información detallada sobre la mano de obra directa se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.43: *Requerimientos de mano de obra indirecta*

Cargo	Personal requerido
Operario de almacenamiento y transporte	5
Operario de selección	2
Operario de lavado	1
Operario de despulpado	1
Operario de limpieza y secado	2
Operario de clasificación	1
Operario de prensado y filtrado	1
Operario de extracción por solvente	1
Operario de envasado	1
TOTAL	15

Elaboración propia.

Requerimientos de mano de obra indirecta

Para determinar la mano de obra indirecta, se identificó al personal que, aunque no interviene directamente en la fabricación del producto, desempeñan funciones fundamentales para el correcto funcionamiento de la planta y el soporte de las operaciones. Este grupo se conformó por el personal que supervisan y coordinan las actividades productivas, garantizan el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad, gestionan aspectos administrativos y financieros, mantienen en óptimas condiciones los equipos e infraestructuras, resguardan la seguridad de las instalaciones, y realizan tareas esenciales de limpieza y servicios generales.

Tabla 5.44: *Requerimiento de mano de obra indirecta*

Cargo	Personal requerido
Gerente general	1
Gerente administrativo-financiero	1
Jefe de contabilidad y finanzas	1
Contador	1
Jefe de compra y logística	1
Comprador	1
Responsable de almacenamiento e inventario	1
Jefe de servicios generales	1
Vigilante	6
Personal de limpieza	6
Conductor	2

Gerente de producción	1
Jefe de producción	2
Jefe de control de calidad	1
Analista de control de calidad	2
Electromecánico	2
Gerente comercial	1
Vendedor	2
Encargado de marketing	1
Gerente de recursos humanos	1
Asistente de recursos humanos	1
TOTAL	36

Elaboración propia.

5.3. Estudio Financiero

5.3.1. Inversión financiera

La inversión financiera para la puesta en marcha de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá representa un aspecto fundamental para la implementación, operación y sostenibilidad del proyecto. Esta inversión abarca tanto los activos fijos o tangibles como los activos diferidos o intangibles.

Inversión de activos fijos

Los activos fijos incluyen todas las inversiones destinadas a la infraestructura, equipos y materiales especializados requeridos para el funcionamiento de cada área de la planta. Estos bienes se adquieren con la intención de ser utilizados a largo plazo, desempeñando un papel fundamental en las operaciones productivas, administrativas y comerciales, y asegurando el respaldo necesario para el desarrollo de las actividades de la planta. Las inversiones necesarias en activos fijos se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 5.45: Equipos de producción

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Balanza industrial rampa-Yoahua	1	2 945,00	2 945,00
Cámara frigorífica MONKFRI-MAS340T485E	1	27 140,85	27 140,85
Volcador de palets PBT-1000MG	1	7 312,72	7 312,72
Mesa de clasificación FSC-6000MG	1	9 931,62	9 931,62
Lavadora de burbuja para fruta GG-XQ4000	1	6 605,96	6 605,96
Transportador inclinado con tolva DORNER	1	6 089,67	6 089,67
Separadora de semillas, cáscara y pulpa GG-5	1	6 096,24	6 096,24
Transportador de tornillo HAIHUI	3	1 469,88	4 409,64
Lavadora de semillas industrial YXM-500	1	1 520,24	1 520,24
Horno de secado KR-C-192	1	12 670,08	12 670,08
Separador por gravedad de semillas Haide APM-5XZ	1	6 000,00	6 000,00
Triturador universal DAYONG-3OB	1	1 925,86	1 925,86
Prensadora de aceite de tornillo MIKIM-6YL-170	1	14 854,00	14 854,00
Transportador ajustable MIKIM-TLSC100X3500	1	5 200,00	5 200,00
Gran extractor DTWZ-D-2	1	69 188,93	69 188,93

Bomba helicoidal doble tornillo HYGHSPIN-70H	3	1 017,43	3 052,29
Filtro de aceite centrifugo MIKIM-MIK50	1	1 400,00	1 400,00
Máquina llenadora automática VIRO-DSC100-02	1	16 210,02	16 210,02
Aire acondicionado innovair - VIN414C1V32	2	1 423,58	2 847,16
Elevador eléctrico de palets CDD-B15E	2	1 650,00	3 300,00
Tanque de almacenamiento de hexano ZONBO-ST4000	2	2 034,41	4 068,82
Tanque de almacenamiento de pulpa ZONBO-ST4000	2	2 034,41	4 068,82
Total	30	204 720,90	216 837,92

Nota: El costo unitario de cada uno de los equipos se pueden observar en el anexo B. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.46: Equipos de manipulación

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Palets de plástico apilable con ventilación ENL-1210	140	30,40	4 256,00
Carrito tipo tolva ULINE-H-4186	3	1098,59	3 295,77
Carro de transporte MTRFR1265-FORDEMAND	1	1185,58	1 185,58
Estantería metálica Esmelux-110901	10	321,85	3 218,5
Escalera con ruedas Esmelux-SG	5	483,43	2 417,15
Estantería de almacenamiento OCASAMI	8	135,16	1 081,28
Total	167	3 255,01	15 454,28

Nota: El costo unitario de cada uno de los equipos se pueden observar en el anexo B. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.47: Materiales, equipos y mobiliario del área de producción

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Escritorio	4	106,50	426,00
Silla de oficina	4	136,26	545,06
Computadora	4	376,84	1 507,37
Cafetera	1	17,61	17,61
Mesa para cafetera	1	51,75	51,75
Impresora	1	177,36	177,36
Archivero	2	259,99	519,98
Teléfono de oficina	2	48,88	97,76
Lámparas LED	5	13,77	68,86
Aire acondicionado	2	395,93	791,86
Extintor	5	42,89	214,45
Engrapadora	3	4,10	12,29
Calculadora	3	4,92	14,75
Internet de 300 Mbps (claro)	2	41,21	82,41
Dispensador de agua	1	100,76	100,76
Hidrolavadora	1	226,04	226,04
Total	41	2 004,82	4 854,32

Nota: El costo unitario de cada uno de los materiales, equipos y mobiliario se obtuvieron de páginas web como La Curacao, Almacenes Tropigas, Walmart, Radio shack, la Casa de las lámparas, Claro, Price Smart y Amazon. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.48: Equipos de transporte

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Camión Isuzu/4HK1-TCN	1	33 350,00	33 350,00
Carretilla elevadora industrial JAC-CPCD30H	2	4 545,25	9 090,50
Camión Hino SS1EKSA-2848	1	118 990,00	118 990,00
Microbús Toyota-Hiace	1	9 200,00	9 200,00
Total	5	166 085,25	170 630,50

Nota: El costo unitario de cada uno de los equipos se pueden observar en el anexo B. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.49: Equipos del área de control de calidad

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Analizador de humedad	1	855,94	855,94
Viscosímetro	1	472,49	472,49
Incubadora microbiológica	1	201,99	201,99
Cromatógrafo de gases (FID)	1	2 618,79	2 618,79
Balanza analítica	1	399,95	399,95
Campana extractora de laboratorio	1	1 108,47	1 108,47
Aire acondicionado	2	395,93	791,86
Cafetera	1	17,61	17,61
Dispensador de agua	1	100,76	100,76
Computadora	3	376,84	1 130,53
Microscopio	1	687,07	687,07
Lampara LED	4	13,77	55,09
Total	18	7 249,63	8 440,56

Nota: El costo unitario de cada uno de los equipos se obtuvieron de páginas web como La Curacao, Almacenes Tropigas, Walmart, Price Smart y Amazon. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.50: Materiales y mobiliario del área de control de calidad

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Picnómetro	2	20,56	41,12
Termómetro	2	4,56	9,12
Caja Tubo Durham	1	20,00	20,00
Asa bacteriológica	2	94,00	188,00
Tubo de ensayo estéril	5	1,39	6,95
Mesa de acero inoxidable1.	2	158,38	316,76
Banco cromado	3	649,00	1 947,00
Estante de laboratorio	3	29,97	89,91
Erlenmeyer 250 ml	5	12,19	60,95
Varilla agitadora	5	1,99	9,95
Bureta	3	33,33	99,99
Caja Pipeta	1	6,99	12,99
Vaso de precipitado 250 ml	5	3,48	17,40
Extintor	2	42,89	85,78
Internet de 300 Mbps (claro)	1	41,21	41,21
Mesa de cafetera	1	51,75	51,75
Escritorio	1	106,50	106,50
Silla de oficina	4	136,26	545,06
Mesa común	1	139,99	139,99

Estantería de almacenamiento OCASAMI	1	135,16	135,16
Total	50	1 689,60	3 925,59

Nota: El costo unitario de cada uno de los materiales y mobiliario se obtuvieron de páginas web como Almacenes Tropigas, la Casa de las lámparas, Claro y Amazon. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.51: Materiales, equipos y mobiliarios del área administrativa-financiera

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Escritorio	8	106,50	851,99
Silla de oficina	22	136,26	2 997,82
Computadora	8	376,84	3 014,74
Cafetera	3	17,61	52,84
Mesa para cafetera	3	51,75	155,24
Mesa de conferencia	1	739,99	739,99
Impresora	2	177,36	354,72
Archivero	6	259,99	1 559,94
Teléfono de oficina	4	48,88	195,52
Lámparas LED	9	13,77	123,96
Aire acondicionado	6	395,93	2 375,59
Extintor	3	42,89	128,67
Engrapadora	8	4,10	32,77
Calculadora	8	4,92	39,32
Internet de 300 Mbps (claro)	3	41,21	123,62
Proyector	1	150,05	150,05
Dispensador de agua	3	100,76	302,29
Total	98	2 668,82	13 199,08

Nota: El costo unitario de cada uno de los materiales, equipos y mobiliario se obtuvieron de páginas web como La Curacao, Almacenes Tropigas, Walmart, Radio shack, la Casa de las lámparas, Claro, Price Smart y Amazon. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.52: Materiales, equipos y mobiliarios del área de comercio

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Escritorio	4	106,50	426,00
Silla de oficina	4	136,26	545,06
Computadora	4	376,84	1 507,37
Cafetera	1	17,61	17,61
Mesa para cafetera	1	51,75	51,75
Dispensador de agua	1	100,76	100,76
Impresora	1	177,36	177,36
Archivero	4	259,99	1 039,96
Lámparas LED	5	13,77	68,86
Aire acondicionado	2	395,93	791,86
Extintor	1	42,89	42,89
Engrapadora	4	4,10	16,38
Calculadora	4	4,92	19,66
Internet de 300 Mbps (claro)	1	41,21	41,21
Teléfono de oficina	2	48,88	97,76
Proyector	1	150,05	150,05
Total	40	1 928,83	5 094,56

Nota: El costo unitario de cada uno de los materiales, equipos y mobiliario se obtuvieron de páginas Web como La Curacao, Almacenes Tropigas, Walmart, Radio shack, la Casa de las lámparas, Claro, Price Smart y Amazon. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.53: Materiales, equipos y mobiliarios del área de recursos humanos

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Escritorio	2	106,50	213,00
Silla de oficina	2	136,26	272,53
Computadora	2	376,84	753,68
Cafetera	1	17,61	17,61
Mesa para cafetera	1	51,75	51,75
Teléfono de oficina	2	48,88	97,76
Impresora	1	177,36	177,36
Lámparas LED	3	13,77	41,32
Aire acondicionado	1	395,93	395,93
Extintor	1	42,89	42,89
Engrapadora	2	4,10	8,19
Internet de 300 Mbps (claro)	1	41,21	41,21
Archivero	3	259,99	779,97
Dispensador de agua	1	100,76	100,76
Total	23	1 773,86	2 993,97

Nota: El costo unitario de cada uno de los materiales, equipos y mobiliario se obtuvieron de páginas web como La Curacao, Almacenes Tropigas, Walmart, Radio shack, la Casa de las lámparas, Claro, Price Smart y Amazon. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.54: Materiales, equipos y mobiliarios del área de comedor/casillero

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Mesa rectangulares para 8 personas	7	80,60	564,20
Sillas plásticas apilables	56	22,73	1 272,88
Microondas	2	92,57	185,14
Refrigeradora	1	491,40	491,40
Cafetera	4	17,61	70,46
Bandejas	50	4,65	232,50
Set de cubiertos (cuchara, tenedor, cuchillo)	40	20,48	819,22
Dispensador de agua y caliente	3	54,61	163,84
Casilleros (capacidad 20 compartimiento)	2	711,45	1 422,90
Armario para almacenamiento de utensilios del comedor	3	139,99	419,97
Lámpara LED	6	13,77	82,64
Mesa para cafetera y microondas	4	51,75	206,99
Extintor	2	42,89	85,78
Total	180	1 744,51	6 017,93

Nota: El costo unitario de cada uno de los materiales, equipos y mobiliario se obtuvieron de páginas Web como Almacenes Tropigas, Walmart, la Casa de las lámparas, Price Smart y Amazon. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.55: Materiales, equipos y mobiliarios del área de sanitarios

Equipos	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Inodoro	6	127,23	763,35
Lavamanos	6	178,02	1 068,11
Espejos	6	20,75	124,52
Cubo de basura de acero inoxidable	6	9,63	57,78
Dispensador de jabón líquido	2	32,77	65,54
Dispensador de papel higiénico	4	114,69	458,77
Dispensador de papel de mano	4	103,77	415,07
Secador de mano eléctrico	2	314,04	628,07
Estantería de almacenamiento OCASAMI	3	135,16	405,48
Lampara LED	5	13,77	68,86
Total	44	1 049,82	4 055,56

Nota: El costo unitario de cada uno de los materiales, equipos y mobiliario se obtuvieron de páginas web como Distribuidora Jirón, Sinsa y Amazon. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.56: Obras civiles

Descripción	Área (m ²)	Costo (\$/m ²)	Costo total (\$)
Terreno	6 000,00	1,49	8 940,00
Zona de carga y descarga	699,40	600,00	419 640,00
Almacenamiento	349,70	821,00	287 103,70
Producción	818,64	821,00	672 103,44
Control de calidad	39,70	821,00	32 593,70
Administrativa-financiera	161,56	821,00	132 640,76
Comercio	42,38	821,00	34 793,98
Recursos humanos	27,26	821,00	22 380,46
Comedor/casilleros	206,98	821,00	169 930,58
Servicios sanitarios y limpieza	58,60	821,00	48 110,60
Estacionamiento	1 408,00	25,20	35 481,60
Pasillos de circulación	1 524,89	361,40	551 095,25
Total			2 414 814,07

Nota: El Ingeniero Álvaro Aragón, trabajador de la empresa Corea y Asociados S.A. (CORASCO), realizó la evaluación del costo por metro cuadrado para la construcción de las diversas áreas de la planta. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.57: Inversión total de activos fijos

Inversión de activos totales	Costo total (\$)
Equipos de producción	216 837,92
Utensilios de manipulación	15 454,28
Materiales, equipos y mobiliario del área de producción	4 854,32
Equipos de transporte	170 630,50
Equipos del área de control de calidad	8 440,56
Materiales y mobiliario del área de control de calidad	3 925,59
Materiales, equipos y mobiliarios del área administrativa-financiera	13 199,08
Materiales, equipos y mobiliarios del área de comercio	5 094,56
Materiales, equipos y mobiliarios del área de recursos humanos	2 993,97
Materiales, equipos y mobiliarios del área de comedor/casillero	6 017,93
Materiales, equipos y mobiliarios del área de sanitarios	4 055,56
Obras civiles	2 414 814,07
Total	2 866 318,32

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Inversión activos diferidos

Los activos diferidos comprenden aquellos gastos que, si bien no son tangibles, son esenciales para la puesta en marcha de la planta y generan beneficios a largo plazo. Dentro de estos se incluyen estudios de mercado, estudios de prefactibilidad, patentes, licencias, gastos legales y otros costos relacionados con el desarrollo del proyecto (Sapag Chain, 2011). Dentro de los cuales se considerarán los siguientes:

- ✓ Planeación e integración del proyecto: Corresponde a la fase inicial en la que se definen los objetivos, alcance, costos y recursos necesarios para la ejecución del proyecto. Incluye estudios de mercado, análisis de factibilidad y planificación financiera (Sapag Chain, 2011). Se estima que este componente representa entre el 1% y 3% de la inversión total de activo fijo.

- ✓ Ingeniería de proyecto: Comprende el diseño técnico del proyecto, incluyendo estudios de localización, planos arquitectónicos, selección de tecnología y diseño de procesos. Su propósito es garantizar el cumplimiento de los requerimientos técnicos, normativos y de producción, optimizando costos y eficiencia (Blank & Tarquin, 2006). Este componente representa entre el 5% y 15% de las obras civiles y equipos de procesos.
- ✓ Supervisión de construcción: Se refiere a la actividad de monitoreo y control del avance del proyecto, asegurando el cumplimiento de normativas, estándares de calidad y eficiencia en la ejecución de la obra (Gould & Joyce, 2003). Su costo se estima entre el 5% y 10% del valor de la obra civil.
- ✓ Administración del proyecto: Involucra la gestión de los recursos humanos, financieros y técnicos necesarios para garantizar la ejecución del proyecto dentro del tiempo y presupuesto establecidos (Gould & Joyce, 2003). Se estima que su costo oscila entre el 3% y 10% de la inversión total de activo fijo.
- ✓ Imprevistos: Representan los costos adicionales asignados para hacer frente a posibles riesgos financieros, fluctuaciones de precios, retrasos y otros eventos inesperados durante la ejecución del proyecto (Sapag Chain, 2011). Se recomienda considerar un margen de entre el 5% y 15% de la inversión total de activo fijo para cubrir estas eventualidades.

Tabla 5.58: *Inversión de activos diferidos*

Concepto	Atribución	Valor del activo	Costo total (\$)
Planeación e integración del proyecto	1% de inversión total fija	2 866 318,32	28 663,18
Ingeniería del proyecto	5% de obras civiles y equipos de proceso	2 631 651,99	131 582,60
Supervisión de la construcción	5% de obras civiles	2 414 814,07	120 740,70
Administración del proyecto	3% de inversión total fija	2 866 318,32	85 989,55
Imprevistos	5% de inversión total fija	2 866 318,32	143 315,92
	Total		510 291,95

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Inversión total

La inversión total que se necesita para llevar a cabo la puesta en marcha de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá, se calculó con la sumatoria de la inversión total de activos fijos más la inversión de activos diferidos. Dando como resultado un valor de U\$ 3 376 610,27.

5.3.2. Costos de producción

Los costos de producción del aceite de maracuyá incluyen tanto costos directos como indirectos. Los costos directos abarcan la materia prima, los insumos, los envases y el embalaje. Por otro lado, los costos indirectos incluyen los requerimientos indirectos, la mano de obra, así como el consumo de combustible, agua y energía.

Costos de materia prima e insumos

Los costos de materia prima e insumos se calcularon a partir de los balances de masa y el programa de producción establecido en el estudio técnico. En las siguientes tablas se observa el costo unitario de cada materia e insumo y la proyección de estos para los cinco años del horizonte.

Tabla 5.59: Costo total de materia prima e insumos 2025-2030

No	Año	Costo (\$/maracuyá)	Costo (\$/hexano)	Costo total (\$/año)
0	2025	753 838,31	1 278 514,67	2 032 352,98
1	2026	754 796,62	1 280 139,95	2 034 936,57
2	2027	755 748,90	1 281 754,81	2 037 503,70
3	2028	756 695,23	1 283 360,01	2 040 055,23
4	2029	757 635,72	1 284 955,04	2 042 590,76
5	2030	758 570,47	1 286 540,41	2 045 110,88

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Costos de envases y embalaje

Estos costos se calcularon considerando la cantidad de envases y embalaje necesarios para satisfacer el volumen de producción anual establecido previamente en el apartado de requerimientos de materia prima e insumos del estudio técnico. En las siguientes tablas se presentan los costos de envases y embalajes de las distintas presentaciones del producto para los cinco años del horizonte:

Tabla 5.60: Costos de envases, etiquetas y cartón de 30 mL

No	Año	Costo total de envases (\$/año)	Costo total de etiquetas (\$/año)	Costo total de cartón (\$/año)
0	2025	91 545,84	116 975,24	2 441,28
1	2026	91 662,30	117 124,05	2 444,16
2	2027	91 777,86	117 271,71	2 447,52
3	2028	91 892,88	117 418,68	2 450,40
4	2029	92 007,00	117 564,5	2 453,76
5	2030	92 120,58	117 709,63	2 456,64

Nota: El costo unitario de envases es de U\$ 0,18, etiquetas es de U\$ 0,23, cartón es de U\$ 0,48. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.61: Costos de envases, etiquetas y cartón de 50 mL

No	Año	Costo total de envases (\$/año)	Costo total de etiquetas (\$/año)	Costo total de cartón (\$/año)
0	2025	27 463,68	17 546,24	414,80
1	2026	27 498,60	17 568,55	415,48
2	2027	27 533,52	17 590,86	416,16
3	2028	27 567,72	17 612,71	416,84
4	2029	27 602,28	17 634,79	416,84
5	2030	27 636,12	17 656,41	417,52

Nota: El costo unitario de envases es de U\$ 0,36, etiquetas es de U\$ 0,23, cartón es de U\$ 0,68. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.62: Costos de las cajas de cintas de embalaje

No	Año	Cajas de cintas de embalaje	Costo unitario (\$)	Costo total (\$/año)
0	2025	24	42,55	1 021,25
1	2026	24	42,55	1 021,25
2	2027	24	42,55	1 021,25
3	2028	24	42,55	1 021,25
4	2029	24	42,55	1 021,25
5	2030	24	42,55	1 021,25

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Costos indirectos

En las siguientes tablas se presentan los costos indirectos de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá:

Tabla 5.63: Costos de materiales indirectos

Materiales	Cantidad anual	Costo unitario (\$)	Costo total
Detergente industrial (1 gal)	60	24,28	1 456,58
Desengrasante (1 gal)	100	27,25	2 725,42
Máscara de gas	8	54,01	432,08
Caja tapones para oído reutilizable (200 pares)	20	61,00	1 220,10
Gafas de seguridad	30	14,88	446,48
Cascos de seguridad	30	55,82	1 674,49
Guantes para hornos industriales	5	9,99	49,95
Botas de seguridad punta de acero	25	81,16	2 028,95
Uniforme de vigilantes	8	12,00	96,00
Uniforme de personal de limpieza	6	8,95	53,70
Recogedor	6	3,28	19,66
Escoba	18	4,92	88,48
Fregona	6	7,24	43,42
Talocha con esponja	18	22,95	413,10
Jabón líquido para manos (1 gal)	52	33,64	1 749,43
Set de 6 papel higiénico	1032	5,87	6 058,98
Set papel de mano	144	8,06	1 160,64
Desinfectante (1gal)	840	34,95	29 361,00
Ambientador (1 gal)	840	23,53	19 767,07

Caja de guantes de látex (100 unidades)	216	12,70	2 742,76
Caja de red para el cabello (1000 unidades)	6	76,08	456,47
Caja de mascarillas desechables (100 unidades)	216	15,97	3 450,57
Hipoclorito de sodio al 12% (1 gal)	280	46,97	13 151,28
Etanol (L/año)	2	27,03	54,07
Éter etílico (L/año)	1	24,00	24,00
Fenoltaleína (ml)	1	21,65	21,65
Hidróxido de potasio 0.1 N (L/año)	1	99,24	99,24
Ácido acético (L/año)	1	70,94	70,94
Cloroformo (L/año)	1	27,10	27,10
Yoduro de potasio (L/año)	3	49,82	149,46
Reactivo Wijs (L/año)	8	113,18	905,44
Almidón al 1% (L/año)	2	15,59	31,18
Tiosulfato de sodio 0,01 N (L/año)	2	112,20	224,40
Tiosulfato de sodio 0,1 N (L/año)	2	112,20	224,40
Medios de cultivo Agar PCA (500g) paquete	24	103,43	2 482,32
Medio de cultivo PDA (500 g) paquete	24	142	374,16
Medio de cultivo EMB (500 g) paquete	24	84,00	2 016,00
Agua destilada (L/año) (1 paquete de 6 galones)	1	21,99	21,99
Batas de laboratorio	6	37,99	227,94
Set Capsula de aluminio	24	11,50	276,00
Set de 30 placas Petri	2	34,24	68,49
Set Grapas	192	0,68	131,08
Resma de papel	384	5,19	1 992,35
Set de lapicero	192	0,66	125,83
Set sujeta papeles	192	0,33	62,92
Total	5 055,00	1 760,47	98 257,59

Nota: El costo unitario de cada uno de los materiales, se obtuvieron de páginas Web como Amazon, Ubuy y Distribuidora Jirón. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.64: Costos de mano de obra directa

Cargo	Nº	Salario (\$/mensual)	INSS (\$)	IR (\$)	Total, a pagar (\$/mensual)	Total, a pagar (\$/anual)
Operario de almacenamiento y transporte	5	277,17	19,39	4,53	253,25	164 61,36
Operario de selección	2	259,42	18,16	2,05	239,21	6 219,37
Operario de lavado	1	251,23	17,59	0,91	232,73	3 025,50
Operario de despulpado	1	251,23	17,59	0,91	232,73	3 025,50
Operario de limpieza y secado	2	251,23	17,59	0,91	232,73	6 051,00
Operario de clasificación	1	251,23	17,59	0,91	232,73	3 025,50
Operario de prensado y filtrado	1	263,65	18,46	2,65	242,55	3 153,18
Operario de extracción por solvente	1	267,61	18,73	3,20	245,68	3 193,87
Operario de envasado	1	251,23	17,59	0,91	232,73	3 025,47
Total	15	2 324,00	162,67	16,99	2 144,35	47 180,76

Nota: El salario mensual de cada uno de los trabajadores se presentan en el anexo E: Fichas Ocupacionales, además el cálculo del INSS y del impuesto sobre la renta (IR) se realizaron por medio de una calculadora online de salarios netos (Nicatributos, 2025). Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.65: Costo de mano de obra indirecta

Cargo	N°	Salario (\$/mensual)	INSS (\$)	IR (\$)	Total, a pagar (\$/mensual)	Total, a pagar (\$/anual)
Gerente general	1	587,11	41,10	52,31	493,70	6 418,11
Gerente administrativo-financiero	1	540,69	37,85	43,68	459,16	5 969,11
Jefe de contabilidad y finanzas	1	464,23	32,50	30,63	401,11	5 214,38
Contador	1	398,69	27,91	21,48	349,30	4 540,88
Jefe de compra y logística	1	456,03	31,92	29,48	394,63	5 130,19
Comprador	1	352,27	24,66	15,01	312,60	4 063,81
Responsable de almacenamiento e inventario	1	333,15	23,32	12,34	297,49	3 867,38
Supervisor de servicios generales	1	327,69	22,94	11,58	293,17	3 811,25
Vigilante	6	243,04	17,01	0,00	226,02	17 629,87
Personal de limpieza	6	238,94	16,73	0,00	222,21	17 332,74
Conductor	2	248,50	17,39	0,53	230,57	5 994,87
Gerente de producción	1	546,15	38,23	44,69	463,23	6 021,94
Supervisor de producción	2	469,69	32,88	31,39	405,42	10 541,00
Jefe de control de calidad	1	443,75	31,06	27,77	384,92	5 003,91
Analista de control de calidad	2	386,40	27,05	19,77	339,58	8 829,19
Electromecánico	2	409,61	28,67	23,01	357,93	9 306,25
Gerente de comercio	1	524,30	36,70	40,63	446,97	5 810,64
Vendedor	2	309,94	21,70	9,10	279,14	7 257,69
Encargado de marketing	1	294,92	20,64	7,01	267,27	3 474,50
Gerente de recursos humanos	1	505,19	35,36	37,07	432,75	5 625,76
Asistente de recursos humanos	1	286,73	20,07	5,86	260,79	3 390,31
Total	36	8 367,01	585,69	463,34	7 317,98	145 233,80

Nota: El salario mensual de los trabajadores se presentan en el anexo E, además el cálculo del INSS y del impuesto sobre la renta (IR) se realizaron por medio de una calculadora online de salarios netos (Nicatributos, 2025). Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.66: Costo de consumo de agua

No	Año	Consumo (m³/año)	Costo unitario (\$/m³)	Costo total (\$/año)
0	2025	4 587,68	0,94	4 315,83
1	2026	4 587,77	0,94	4 315,91
2	2027	4 587,86	0,94	4 316,00
3	2028	4 587,95	0,94	4 316,08
4	2029	4 588,04	0,94	4 316,17
5	2030	4 588,12	0,94	4 316,24

Nota: El costo por metro cubico fue obtenido de Precios promedios del agua potable (BCN, 2024). Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.67: Costos de consumo de combustible

Equipo	Tipo de combustible	Consumo anual (L)	Costo unitario (\$)	Costo total (\$/año)
Camión Hino SS1EKSA-2848	Diesel	5 324,88	1,18	6 281,67
Camión Isuzu/4HK1-TCN	Diesel	3 395,15	1,18	4 005,20
Microbús Toyota-Hiace 2007 (recorrido turno I)	Diesel	383,68	1,18	452,62

Microbús Toyota-Hiace 2007 (recorrido turno II)	Diesel	469,07	1,18	553,35
Carretilla elevadora industrial JAC-CPCD30H (A)	Diesel	2 496,00	1,18	2 944,49
Carretilla elevadora industrial JAC-CPCD30H (B)	Diesel	10 080,00	1,18	11 891,21
Gran extractor DTWZ-D-2	Diesel	5 776,55	1,18	6 816,33
Total				32 944,87

Nota: El precio promedio del combustible se obtuvo del Monitoreo de precio de los combustibles (INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA, 2025). Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.68: *Costos de consumo energético*

Equipos	Consumo (kW*h/año)	Costo unitario (\$/kWh)	Costo total (\$)
Equipos de proceso	287 319,84	0,18	52 827,78
Equipos del área de producción	19 978,56	0,18	3 673,34
Equipos del área de control de calidad	23 466,64	0,18	4 314,67
Equipos del área administrativa-financiera	56 884,52	0,18	10 459,02
Equipos del área de comercio	19 580,68	0,18	3 600,18
Equipos del área de recursos humanos	9 549,12	0,18	1 755,74
Equipos del área comedor/casillero y sanitarios	19 927,04	0,18	3 663,87
Total			80,291,29

Nota: El costo por kWh fue obtenido de Precios promedios de energía eléctrica (BCN, 2024). Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Depreciación

Se calculó utilizando el método de línea recta, conforme a lo establecido en Nicaragua. Los porcentajes aplicados se basan en la Ley No. 257, Ley de Justicia Tributaria y Comercial” (Decreto 72-99) (Legislación de Nicaragua, 1999) aplicando un 10% para los equipos de producción y un 20% para el resto. Los bienes depreciables incluyen equipos de producción, manipulación, transporte, control de calidad, así como materiales de producción, control de calidad, administrativos-financieros, de comercio y de recursos humanos. La tabla siguiente presenta únicamente el total anual de depreciación correspondiente a cada categoría.

Tabla 5.69: *Depreciación anual total*

No	Año	Depreciación anual total (\$)
0	2025	0.00
1	2026	68 617,06
2	2027	68 617,06
3	2028	68 617,06
4	2029	68 617,06
5	2030	68 617,06

Nota: Los cálculos fueron realizados en Microsoft Excel, donde se detalla el procedimiento correspondiente para cada uno de los equipos utilizados en las distintas áreas del proyecto. *Elaboración propia.*

Mantenimiento

El costo de mantenimiento incluye la revisión periódica de todas las máquinas y materiales que lo requieren (Baca Urbina G. , 2013).

En la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá los equipos de mayor complejidad, que demandan disponibilidad de repuestos, herramientas especializadas y presentan riesgos operativos, el mantenimiento será realizado por técnicos externos recomendados por los proveedores.

Algunos de estos equipos son: la cámara frigorífica MONKFRI-MAS340T485E, la prensadora de aceite de tornillo MIKIM-6YL-170, gran extractor DTWZ-D-2, filtro de aceite centrífugo MIKIM-MIK50, el separador por gravedad de semillas Haide APM-5XZ, la carretilla elevadora industrial JAC-CPCD30H.

Por otro lado, el mantenimiento de los equipos de producción que requieren revisiones más sencillas será realizado por el personal electromecánico contratado por la empresa. Por lo que, para calcular el costo de mantenimiento se consideró:

- ✓ El costo de aplicar mantenimiento preventivo a estos equipos complejos se estima en un 4% anual de su valor de adquisición (Baca Urbina G. , 2013).
- ✓ Se debe de incluir el sueldo del personal especializado.
- ✓ El costo interno para proporcionar mantenimiento a la planta se calcula en un 2% del costo total del inmueble (Baca Urbina G. , 2013).

A continuación, se presenta una tabla con el resultado del costo de mantenimiento:

Tabla 5.70: *Costo de mantenimiento*

Concepto	Costo (\$/anual)
Mantenimiento externo	5 106,97
Sueldo del trabajador	9 306,25
Mantenimiento interno	48 296,28
Total	62 709,51

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Costos totales de producción

Los costos totales de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá se calcularon con la suma de cada uno de los costos directos e indirectos y la depreciación. En la tabla siguiente se presentan los cálculos correspondientes:

Tabla 5.71: *Costos totales de operación*

Concepto	Costo (\$)
Materia prima e insumos	2 034 936,57
Envases, etiquetas y embalaje	257 734,39
Materiales indirectos	98 257,59
Mano de obra directa	47 180,76

Mano de obra indirecta	145 247,83
Consumo de agua	4 315,91
Consumo de combustible	32 944,87
Consumo energético	80 294,59
Mantenimiento	62 709,51
Depreciación	68 617,06
Total	2 832 239,08

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

5.3.3. Capital de trabajo

El capital de trabajo es la inversión necesaria para que la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá pueda operar en condiciones normales. Este se calculó como la diferencia entre los activos circulantes y los pasivos circulantes (Baca Urbina G. , 2013).

$$\text{Capital de trabajo} = \text{Activos circulantes} - \text{Pasivos circulantes} \quad (\text{Ecuacion 5.8})$$

Activos circulantes

Valores e inversiones

Es el dinero que se invierte a corto plazo, con el fin de tener efectivo disponible para apoyar las actividades de venta del producto. Debido a que se otorgara un crédito de venta de 30 días es necesario tener valores e inversiones equivalentes a 45 días de gastos de venta (Baca Urbina G. , 2013), estos dan un valor de U\$ 24 879,47 anuales (ver figura A.23 en anexos) y el equivalente a 45 días se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Valores e inversiones} = \frac{\text{Gastos de venta}}{\text{Días de producción al año}} * 45 \text{ días} \quad (\text{Ecuacion 5.9})$$

$$\text{Valores e inversiones} = \frac{\text{U\$ 24 879,47}}{280 \text{ días}} * 45 \text{ días}$$

$$\text{Valores e inversiones} = \text{U\$ 3 998,49}$$

Inventarios

Debido a que la planta extractora de aceite de maracuyá pretende vender el producto a 30 días neto de producción, antes de obtener su primer ingreso, se calculó el costo de los envases y embalajes equivalente a los 45 días utilizando la ecuación 5.9, los resultados se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 5.72: Costos de envases y embalaje de 45 días

Concepto	Consumo anual	Costo total (\$/año)	Costo de 45 días (\$)
Envases de 30 mL	508 588	91 545,84	14 712,72
Envases de 50 mL	76 288	27 463,68	4 413,81
Cajas de cartón para 30 mL	5 086	2 441,28	392,35
Cajas de cartón para 30 mL	610	414,80	66,66
Cajas de cintas de embalaje	24	1 021,25	164,13
Etiquetas de 30 mL	508 588	116 975,24	18 799,59
Etiquetas de 50 mL	76 288	17 546,24	2 819,93
Total			41 369,20

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Para la materia prima e insumos, según lo planteado en el estudio técnico, debido a su carácter perecedero se adquirirá maracuyá de forma semanal en una cantidad de 51 938,48 Kg, lo que equivale a 8 656,41 Kg diarios, el costo unitario por cada fruto es de U\$ 0,05. Además, también se debe asegurar suficiente presupuesto para la compra de hexano, que es otro insumo clave, ya que se requerirán 5 696,55 L para cubrir las necesidades del primer mes, el cual tiene un costo de U\$ 93,83 por galón.

Para comprar maracuyá antes de recibir el primer ingreso se necesita U\$ 77 640,61 y para la compra de hexano es necesario asegurar U\$ 141 201,86, los cálculos se pueden observar en la figura A.24 en anexos. En la siguiente tabla se observa la cantidad de dinero que se debe de tener en el inventario.

Tabla 5.73: Inventario total

Concepto	Costo (\$)
Envases y embalaje	41 369,20
Maracuyá	77 640,61
Hexano	141 201,86
Total	260 211,66

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Cuentas por cobrar

Además de inventario y valores e inversiones es necesario invertir una cantidad de dinero que sea suficiente para la venta de 30 días de producto terminado (Baca Urbina G. , 2013). El cálculo se realizó tomando en cuenta el costo total de producción de la planta entre los meses de producción, dando como resultado U\$ 236 019,92. En la tabla siguiente se muestra el valor del activo circulante.

Tabla 5.74: *Valor del activo circulante*

Concepto	Costo (\$)
Valores e inversiones	3 998,49
Inventario	260 211,66
Cuentas por cobrar	236 019,92
Total	500 230,07

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Pasivos corrientes

El pasivo circulante es aquel que comprende los sueldos, proveedores de materias primas, servicios e impuestos. Pero como es complicado determinar, se toma como créditos a corto plazo donde se considera una relación entre activos circulante (AC) y pasivos circulantes (PC) de AC/PC= 2,0 a 2,5, es decir, los proveedores dan crédito (Baca Urbina G. , 2013).

Se asume que los proveedores le otorgan a la planta extractora de aceite de maracuyá un crédito de AC/PC=2,0, teniendo un valor el pasivo circulante de:

$$PC = \frac{U\$ 500 230,07}{2,00} = U\$ 250 115,04$$

Capital de trabajo

Como se mencionó al inicio del acápite el capital de trabajo es la inversión necesaria para que la planta opere en condiciones normales, para el cálculo se utilizó la ecuación 5.8.

$$Capital\ de\ trabajo = U\$ 250 115,04$$

5.3.4. Inversión inicial

La inversión inicial no es más que la sumatoria de la inversión financiera en activos fijos, activos diferidos y capital de trabajo. En la siguiente tabla se presenta el cálculo correspondiente:

Tabla 5.75: *Inversión inicial*

Inversión	Valor (\$)
Activo fijo	2 866 318,32
Activo diferido	510 291,95
Capital de trabajo	250 115,04
Total	3 626 725,30

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

5.3.5. Ingreso

Costos unitarios

El cálculo de costos unitario se realizó a partir de datos previamente determinados, los cuales se mencionan a continuación:

- ✓ El volumen de producción diario total es de 62,65 Kg/día
- ✓ Considerando la preferencia de los consumidores se sabe que, del total producido, el 80% se envasara en presentaciones de 30 mL y el 20% restante en presentaciones de 50 mL.
- ✓ El costo total producido anual es de U\$ 2 832 239,08 que equivale a U\$ 10 115,14 diario.

La ecuación que se utilizó para calcular los costos unitarios es la siguiente:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costos de producción diario}}{\text{Volumen de producción diario}} \quad (\text{Ecuacion 5.10})$$

Tabla 5.76: Costos unitarios

Presentación de envases	Preferencia	Costos de producción (\$/d)	Volumen de producción (Kg/d)	Costo unitario (\$/Kg)
30 mL	80%	8 092,11	50,12	161,45
50 mL	20%	2 023,03	12,53	161,45
Total	100%	10 115,14	62,65	322,91

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Precio de venta

Para determinar el precio de venta, primero se calculó el costo neto del aceite de semilla de maracuyá, multiplicando el costo unitario por la cantidad de contenido neto del envase.

El precio de venta se determina aumentando el costo neto en un 90%, ya que este incremento permite alinearlos con algunos productos del mercado y situarlo dentro del rango que los consumidores estarían dispuestos a pagar. Por otro lado, el precio de venta al distribuidor se establece en un 85% del costo neto. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.77: Precio de venta

Presentación de envases	Costo neto (\$)	Precio de venta	Costo de venta al distribuidor
30 mL (0,03 Kg)	4,84	9,20	4,12
50 mL (0,05 Kg)	8,07	15,34	6,86

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Proyección de ingreso

La proyección de ingresos se realizó considerando la cantidad de envases de ambas presentaciones requeridas para satisfacer el volumen de producción anual durante el horizonte de planificación. Los resultados se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 5.78: *Proyección de ingresos totales del producto 2025-2030*

Año	Ingreso por envase de 30 mL	Ingreso por envase de 50 mL	Ingreso total (\$/año)
0	4 680 494,81	1 170 120,64	5 850 615,45
1	4 686 449,10	1 171 608,44	5 858 057,55
2	4 692 357,38	1 173 096,25	5 865 453,63
3	4 698 238,04	1 174 553,38	5 872 791,42
4	4 704 072,70	1 176 025,84	5 880 098,54
5	4 709 879,74	1 177 467,63	5 887 347,37
	Total		35 214 363,95

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

5.3.6. Fuentes de financiamiento

La fuente de financiamiento que se seleccionó para la puesta en marcha y operación de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá es el crédito del Banco de la Producción, S.A. (Banpro). Esta opción fue elegida debido a que está dirigida a negocios nuevos o existentes, ofreciendo un plazo de hasta 240 meses con una tasa de interés del 18-19% y financiando hasta un 80% del total de la inversión (Banpro, 2024).

Si bien existen otras alternativas de financiamiento en diferentes bancos, las condiciones que estos establecen están orientadas principalmente a empresas con más tiempo de operación. Además, en la mayoría de los casos, no se encontró información clara sobre plazos o tasas de interés, lo que habría requerido una consulta personal. Por estas razones, el crédito de Banpro se presenta como la opción más viable para este proyecto.

Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Según (Baca Urbina G. , 2013), la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) es el rendimiento mínimo que un proyecto debe generar para ser considerado viable. Y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$TMAR = i + f + if \quad (\text{Ecuacion 5.11})$$

Donde:

i: Es el premio al riesgo.

f: Es la inflación del país.

Premio al riesgo (i)

Es el rendimiento adicional que los inversionistas exigen por asumir un riesgo mayor en una inversión (Baca Urbina G. , 2013). Este riesgo puede ser clasificado en diferentes niveles, según el estudio de mercado: bajo riesgo 1 a 10%; riesgo medio 11 a 20%; riesgo alto mayor a 20%.

Para este proyecto, el riesgo se clasifica como medio, debido a varios factores inciertos, tales como:

- ✓ Producto nuevo en el mercado: Aunque el estudio de mercado indica una buena aceptación del aceite de maracuyá entre los consumidores, la realidad de la compra podría ser diferente. Además, se requerirá un esfuerzo considerable para educar a los consumidores y crear conciencia sobre el producto.
- ✓ Competencia con marcas consolidadas: El producto competirá con marcas bien establecidas, como Nivea, L'Oréal, Beodera, entre otros. Que ya cuentan con una presencia sólida en el mercado y una base de clientes leales, lo que incrementa la incertidumbre sobre el éxito del aceite de maracuyá en un mercado competitivo.

Estos factores hacen que el riesgo del proyecto sea considerablemente medio, lo que justifica un premio al riesgo del 20%.

Inflación

La inflación se refiere al aumento generalizado de los precios de bienes y servicios en una economía durante un período de tiempo. Dado que la evaluación se realizó con un horizonte de cinco años, es necesario considerar que la inflación se mantenga válida a lo largo de todo este período. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta el promedio inflacionario esperado para los próximos cinco años (Baca Urbina G. , 2013).

Según el (BCN, 2024), la inflación reportada para el año 2024 fue de 2,84% y señala que se espera que se consolide la tasa de inflación en los próximos años. Esta proyección es respaldada por (Statista, 2024), que estima que Nicaragua mantendrá una tasa de inflación del 4% durante los próximos cinco años.

Tabla 5.79: TMAR mixta

Fuente	Financiamiento (70%)	Tasa (%)	TMAR
Banco	70	18,00	0,13
Propietario	30	25,00	0,08
Total	100	43,00	0,20

Nota: Se plantean dos propuestas para el financiamiento del proyecto. La primera opción consiste en realizar el proyecto sin financiamiento externo, utilizando recursos propios, lo que se refleja en la

fuente propietario. En este caso, la tasa de interés del propietario corresponde a la TMAR sin financiamiento que se calculó con la ecuación 5.11. La segunda opción considera un financiamiento del 70% por parte del banco, con una tasa de interés del 18%, lo que genera una TMAR mixta que refleja tanto el financiamiento bancario como los recursos propios. Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Pago del financiamiento

Para el pago del financiamiento se seleccionó la modalidad de pago de cantidades iguales al final de los cinco años (Baca Urbina G. , 2013) . Aunque el banco ofrece un plazo de hasta 240 meses, dado que el estudio se proyecta hacia un horizonte de cinco años, el plazo acordado con el banco para el pago de la deuda será de cinco años.

La fórmula utilizada para calcular el pago anual es la siguiente:

$$A = p \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (\text{Ecuacion 5.12})$$

A continuación, se presenta la tabla que muestra el pago de la deuda a lo largo del tiempo, utilizando la Ecuación 5.12.

Tabla 5.80: *Tabla de pago del financiamiento del 70%*

No	Año	Interés	Pago de fin de año	Pago principal	Deuda después del pago
0	2025				2 538 707,71
1	2026	456 967,39	811 822,47	354 855,08	2 183 852,63
2	2027	393 093,47	811 822,47	418 729,00	1 765 123,63
3	2028	317 722,25	811 822,47	494 100,22	1 271 023,41
4	2029	228 784,21	811 822,47	583 038,26	687 985,15
5	2030	123 837,33	811 822,47	687 985,15	0,00

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

5.3.7. Resultados de análisis financiero

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del análisis financiero realizado para evaluar la viabilidad económica del proyecto bajo dos esquemas de financiamiento: sin financiamiento, con un financiamiento del 70% otorgados por el Banco de la Producción, S.A. (Banpro).

En las siguientes tablas se presentan los estados de resultados financieros para las dos alternativas de financiamiento contempladas.

Tabla 5.81: Estado de resultado sin financiamiento

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales		5 858 057,55	5 865 453,63	5 872 791,42	5 880 098,54	5 887 347,37
Costos totales		2 763 622,02	2 766 513,73	2 769 386,94	2 772 242,49	2 775 080,41
Depreciación		68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06
Interés Bancario						
Utilidad antes de Imp,		3 025 818,47	3 030 322,84	3 034 787,42	3 039 238,99	3 043 649,90
Impuestos (30%)		907 745,54	909 096,85	910 436,23	911 771,70	913 094,97
Utilidad neta		2 118 072,93	2 121 225,99	2 124 351,20	2 127 467,29	2 130 554,93
Pago préstamo						
Depreciación		68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06
Valor de salvamento						108 418,96
Inversión total inicial	3 626 725,30					
Préstamo Bancario						
Flujo Neto de Efectivo	3 626 725,30	2 186 689,99	2 189 843,05	2 192 968,25	2 196 084,35	2 307 590,95
Flujo Neto acumulado	3 626 725,30	2 186 689,99	4 376 533,03	6 569 501,28	8 765 585,63	11 073 176,58

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.82: Estado de resultado con financiamiento del 70%

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales		5 858 057,55	5 865 453,63	5 872 791,42	5 880 098,54	5 887 347,37
Costos totales		2 763 622,02	2 766 513,73	2 769 386,94	2 772 242,49	2 775 080,41
Depreciación		68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06
Interés Bancario		456 967,39	393 093,47	317 722,25	228 784,21	123 837,33
Utilidad antes de Imp.		2 568 851,08	2 637 229,37	2 717 065,17	2 810 454,78	2 919 812,57
Impuestos (30%)		770 655,32	791 168,81	815 119,55	843 136,43	875 943,77
Utilidad neta		1 798 195,76	1 846 060,56	1 901 945,62	1 967 318,34	2 043 868,80
Pago préstamo		354 855,08	418 729,00	494 100,22	583 038,26	687 985,15
Depreciación		68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06
Valor de salvamento						108 418,96
Inversión total inicial	3 626 725,30					
Préstamo Bancario	2 538 707,71					
Flujo Neto de Efectivo	1 088 017,59	1 511 957,73	1 495 948,61	1 476 462,46	1 452 897,14	1 532 919,67
Flujo Neto acumulado	1 088 017,59	1 511 957,73	3 007 906,34	4 484 368,80	5 937 265,94	7 470 185,61

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

5.3.8. Decisión

Esta sección presenta la decisión financiera basada en el análisis de los indicadores clave de evaluación de proyectos, según lo establecido en el acápite 3.5. Estos criterios permitieron determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto, así como su capacidad para generar beneficios que superen los costos a lo largo de su vida útil.

El análisis financiero proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas, comparando los resultados obtenidos en distintos escenarios de financiamiento. Con base en los indicadores evaluados, se busca identificar la opción más favorable para maximizar el valor económico del proyecto y garantizar su sostenibilidad financiera.

A continuación, se presentan los cálculos correspondientes a cada escenario.

Tabla 5.83: *Evaluación de los indicadores financieros de decisión*

Indicador	Sin financiamiento	Financiamiento 70%
VPN	2 302 593,53	3 381 944,85
TIR	0,53	1,36
B/C	1,63	4,11

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel utilizando las ecuaciones 3.3, 3.4 y 3.5 respectivamente. *Elaboración propia.*

A partir de los resultados obtenidos y en comparación con los criterios establecidos en el acápite 3.5, se concluyó que la opción más favorable para la puesta en marcha de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá es el financiamiento del 70%.

Este escenario maximiza la generación de valor económico, reflejado en el mayor Valor Presente Neto (VPN), lo que indica que el proyecto generará mayores beneficios a lo largo de su vida útil. Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 1,36 es significativamente superior a la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) del 0,20, lo que confirma la alta rentabilidad del proyecto. Asimismo, el Beneficio/Costo (B/C) más elevado indica que, por cada unidad monetaria invertida, se obtiene un mayor retorno en comparación con las otras opciones.

Además de los indicadores financieros, optar por un 70% de financiamiento permite a la empresa no inmovilizar una gran cantidad de recursos propios, los cuales pueden destinarse a otras inversiones o gastos operativos. Al mismo tiempo, el proyecto genera suficiente rentabilidad para cubrir los pagos del financiamiento y obtener ganancias, asegurando su viabilidad financiera a largo plazo.

Por estas razones, la alternativa con 70% de financiamiento es la más recomendable, ya que optimiza la rentabilidad del proyecto, mejora la gestión del capital y maximiza el valor generado.

5.3.9. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una herramienta utilizada para evaluar cómo los cambios en los parámetros clave de un proyecto afectan los resultados financieros (Baca Urbina G. , 2013). Este análisis permitió evaluar la incertidumbre que puede existir en las proyecciones de un proyecto, así como la sensibilidad de indicadores como el VPN, la TIR, la relación Beneficio-Costo (B/C) y el período de recuperación, ante variaciones en dichos parámetros.

Para realizar el análisis de sensibilidad, se consideraron las siguientes variables:

- ✓ Un aumento del 20% en los ingresos totales de la planta.

- ✓ Un aumento del 20% en los costos operativos de la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá.

Se eligieron estas variables debido a que permiten evaluar tanto los riesgos financieros como las oportunidades del proyecto. El aumento en los ingresos podría reflejar un escenario favorable con mayores ventas o precios, mientras que el incremento en los costos operativos podría simular una situación menos favorable, afectando la rentabilidad del proyecto. Este análisis ayudará a determinar cómo estas variaciones pueden influir en la viabilidad financiera del proyecto y si sigue siendo rentable en condiciones adversas o cómo mejoraría en escenarios más favorables.

A continuación, se presentan las tablas con los cálculos de los estados de resultados ajustados según las variaciones consideradas, junto con los valores de los indicadores.

Tabla 5.84: Estado de resultado con un aumento del 20% de los ingresos totales

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales		7 029 669,05	7 038 544,35	7 047 349,70	7 056 118,25	7 064 816,85
Costos totales		2 763 622,02	2 766 513,73	2 769 386,94	2 772 242,49	2 775 080,41
Depreciación		68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06
Interés Bancario		456 967,39	393 093,47	317 722,25	228 784,21	123 837,33
Utilidad antes de Imp,		3 740 462,59	3 810 320,09	3 891 623,45	3 986 474,48	4 097 282,05
Impuestos (30%)		1 122 138,78	1 143 096,03	1 167 487,04	1 195 942,34	1 229 184,61
Utilidad neta		2 618 323,81	2 667 224,06	2 724 136,42	2 790 532,14	2 868 097,43
Pago préstamo		354 855,08	418 729,00	494 100,22	583 038,26	687 985,15
Depreciación		68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06
Valor de salvamento						108 418,96
Inversión total inicial	3 626 725,30					
Préstamo Bancario	2 538 707,71					
Flujo Neto de Efectivo	1 088 017,59	2 332 085,79	2 317 112,12	2 298 653,26	2 276 110,94	2 357 148,31
Flujo Neto acumulado	1 088 017,59	2 332 085,79	4 649 197,91	6 947 851,16	9 223 962,10	11 581 110,40

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.85: Evaluación de indicadores financieros con el aumento del 20% de ingresos totales

Indicador	
VPN	5 839 678,59
TIR	2,13
B/C	6,37

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.86: Estado de resultado con un aumento del 20% de los costos operativos

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales		5 858 057,55	5 865 453,63	5 872 791,42	5 880 098,54	5 887 347,37
Costos totales		3 316 346,42	3 319 816,47	3 323 264,33	3 326 690,99	3 330 096,50
Depreciación		68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06
Interés Bancario		456 967,39	393 093,47	317 722,25	228 784,21	123 837,33
Utilidad antes de Imp,		2 016 126,68	2 083 926,62	2 163 187,78	2 256 006,28	2 364 796,49
Impuestos (30%)		604 838,00	625 177,99	648 956,33	676 801,88	709 438,95
Utilidad neta		1 411 288,67	1 458 748,63	1 514 231,45	1 579 204,39	1 655 357,54
Pago préstamo		354 855,08	418 729,00	494 100,22	583 038,26	687 985,15
Depreciación		68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06	68 617,06
Valor de salvamento						108 418,96
Inversión total inicial	3 626 725,30					
Préstamo Bancario	2 538 707,71					
Flujo Neto de Efectivo	1 088 017,59	1 125 050,65	1 108 636,69	1 088 748,28	1 064 783,19	1 144 408,42
Flujo Neto acumulado	1 088 017,59	1 125 050,65	2 233 687,34	3 322 435,62	4 387 218,82	5 531 627,23

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

Tabla 5.87: Evaluación de indicadores financieros con el aumento del 20% de costos operativos

Indicador	
VPN	2 222 880,93
TIR	0,99
B/C	3,04

Nota: Los cálculos se realizaron en Microsoft Excel. Elaboración propia.

El análisis de sensibilidad realizado permitió evaluar el impacto de las variaciones en los ingresos y los costos operativos sobre la rentabilidad del proyecto. Los resultados muestran que el proyecto es más sensible a los ingresos que a los costos operativos.

En el escenario de un aumento en los ingresos, como se observa en la tabla 5.85, los indicadores financieros mejoran significativamente. Por otro lado, al incrementar los costos operativos, como se presenta en la tabla 5.87, aunque el proyecto sigue siendo viable, la rentabilidad se ve reducida. Esto sugiere que el proyecto cuenta con un buen margen de seguridad frente a este tipo de variaciones.

5.4. Diseño Experimental

La parte experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingeniería en Procesos de la Universidad Nacional de Ingeniería durante un periodo de tres semanas. Se evaluó la influencia de tres factores sobre el rendimiento de extracción del aceite de semilla de maracuyá, cada uno con dos niveles, mediante un diseño factorial 2^k con dos réplicas. En total, se realizaron 16 corridas, es decir, dos por cada uno de los ocho tratamientos resultantes, tal como se planteó en el acápite 4.3 (ver tabla 4.1 y 4.2). Posteriormente, los resultados fueron sometido a un análisis estadístico.

5.4.1. Material

El material utilizado como materia prima fueron las semillas de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), previamente extraídas de forma manual de los frutos y almacenadas a temperatura ambiente hasta su uso en el laboratorio. Los frutos de maracuyá fueron adquiridos en la finca Guadalupe de Tepeyac, ubicada en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa (ver figura A.25 en anexos).

Para las pruebas experimentales, se utilizaron como solventes hexano al 95% (J.T. Baker) y éter de petróleo (EM SCIENCE) para la extracción del aceite, ambos fueron proporcionados por el laboratorio. Para mayor detalle de los material, equipos y reactivos utilizados, ver tabla B.9 y B.10 en anexos.

5.4.2. Método

En el acápite 4.2.1 se seleccionó un proceso de producción combinado de una extracción por prensado inicial seguido de la extracción por solvente de la torta resultante. Sin embargo, en la extracción a escala laboratorio, el proceso de prensado no se pudo llevar a cabo debido a la indisponibilidad de equipo adecuado. Por lo tanto, los datos experimentales obtenidos corresponden a la extracción por solvente.

Las opciones de solventes disponible en el laboratorio fueron: metanol, hexano al 95% y éter de petróleo. Se realizaron pruebas piloto con los tres, descartando el metanol debido a su impacto negativo en la apariencia y calidad del aceite. En comparación con los otros solventes, el aceite extraído con metanol presentó un color café oscuro con impurezas que quedaron adheridas en las paredes del vaso de precipitado y un olor residual persistente tras la evaporación (ver figura A.26 en anexos). Esto indicó, que su uso requeriría procesos adicionales de refinamiento, como desodorización y decoloración, que implica altas temperaturas. Estas condiciones podrían afectar la actividad antioxidante, acelerando las reacciones de iniciación y reduciendo su capacidad antioxidante (Réblová, 2012, pág. 171).

El procedimiento a nivel de laboratorio se desarrolló en dos etapas. En la primera, se utilizaron doce maracuyás como muestra para determinar la composición del fruto (semillas, pulpa y cascara), su promedio por unidad y los datos experimentales necesarios para las primeras operaciones del proceso productivo. En la segunda parte, se recopilaban los datos requeridos de la extracción por solvente y el refinamiento del aceite, para el análisis estadístico de los tratamientos y la proyección del proceso a nivel industrial.

Primera parte experimental

Inspección, lavado y pesaje de frutos de maracuyá

Los doce frutos de maracuyá tomados del lote comprado fueron inspeccionados y clasificados por tamaño, dando como resultado seis grandes y seis medianos (ver

figura A.27 en anexos). Cada fruto fue pesado individualmente en una balanza analítica Sartorius modelo LE6202S y se registró su peso. Posteriormente, se lavaron con agua y se pesaron nuevamente. Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.88: Datos experimentales del proceso de lavado y pesaje de frutos de maracuyá

Tipo	Peso (g)			
	Antes de lavado	Después de lavado	Impurezas	
Maracuyá grande (MG)	1	166,78	166,78	0,00
	2	228,14	228,13	0,01
	3	212,52	212,51	0,01
	4	218,99	218,99	0,00
	5	185,48	185,47	0,01
	6	176,44	176,42	0,02
	7	147,02	147,01	0,01
Maracuyá mediano (MM)	8	98,36	98,35	0,01
	9	132,93	132,93	0,00
	10	139,71	139,63	0,08
	11	154,63	154,60	0,03
	12	146,91	146,07	0,84
Total	2 007,91	2 006,89	1,02	

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

A partir de los datos obtenidos, se determinó que el peso promedio del fruto de maracuyá es de 167,24 gramos por unidad. Además, en el proceso de lavado el porcentaje de impureza removidas fue del 0,5%.

Separación de las semillas, pulpa y cáscara

Para cada fruto, se realizó un corte por la mitad con un cuchillo. Luego, con una cuchara, se extrajo la mezcla de pulpa y semillas, la cual se depositó en un colador dispuesto sobre un recipiente. Este método permitió que la pulpa se recolectar en el recipiente inferior, mientras que la semilla con pulpa residual adherida, que quedaron en el colador, fueron transferidas a otro recipiente. Durante el proceso, se registró los pesos de la cáscara, la pulpa extraída y las semillas con pulpa remanente. Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.89: Datos experimentales del proceso de separación (semillas, pulpa, cáscara)

	Peso (g)	MG	MM	Total	Porcentaje (%)
Cáscara		686,28	451,02	1 137,30	56,67%
Pulpa extraída		377,92	260,34	638,26	31,80%
Semillas con pulpa remanente		135,61	95,72	231,33	11,53%

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Limpieza de las semillas

Las semillas con pulpa remanente se lavaron con agua potable para retirar el exceso de pulpa adherida. Posteriormente, se sumergieron en dos vasos de precipitado con agua, donde permanecieron hasta que las semillas sanas (oleosas), de densidad, se hundieron, mientras que las semillas vanas, más ligeras, flotaron en la superficie, donde fueron retiradas por un colador (ver figura A.28 en anexos). Luego, el agua fue drenada a través de un colador de malla, recolectando las semillas limpias en el fondo del tanque. Tanto las semillas vanas como las sanas se pesaron en estado húmedo y seco. Los datos tenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.90: *Datos experimentales del proceso de limpieza por inmersión*

Peso (g)	MG	MM	Total
Semillas vanas húmedas	5,01	5,64	10,66
Semillas vanas secas (al aire natural)	4,69	5,28	9,97
Semillas sanas húmedas	45,20	22,07	67,27
Semillas sanas secas (al aire natural)	42,28	20,65	62,93
Semillas húmedas total (vanas y sanas)	50,21	27,72	77,93
Semillas secas total (vanas y sanas)	46,97	25,93	72,90

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

A partir de los datos obtenidos, se determinó que cada fruto de maracuyá contiene en promedio 6,08 gramos de semilla de maracuyá (secas), conformadas por un 13,68% de semillas vanas y un 86,32% de semillas sanas. Además, de los 231,33 gramos de semillas con pulpa remanente, el 31,51% (72,90 g) corresponde a semillas y el 68,49% (158,43 g) a pulpa (ver tabla B.11 en anexos).

Se tomo una muestra de 1,425 gramos de semillas húmedas y se midió su contenido de humedad utilizando un analizador de humedad Sartorius modelo MA 150. Trascurridos 20,6 minutos de análisis, el equipo determinó que la humedad de las semillas después del proceso de limpieza es de 22,49% (ver figura A.29 en anexos).

Composición del fruto de maracuyá (Semillas, pulpa, cáscara)

En esta primera parte experimental se recopilaron los datos necesarios para determinar la composición del fruto de maracuyá. Se estableció que el peso promedio de la muestra de los doce frutos después del lado, fue de 2 006,89 gramos. La cáscara total removida tuvo un peso promedio de 1 137,30 gramos, mientras que la pulpa extraída fue de 638,26 gramos.

Además, del proceso de limpieza de las semillas, se determinó que la muestra contenía un total 72,90 gramos de semillas y 158,43 gramos de pulpa adherida. Para obtener la pulpa total de la muestra, se sumó la cantidad de pulpa adherida y extraída, lo cual dio como resultado 796,69 gramos. En base a estos datos, la composición del fruto de maracuyá en sus diferentes partes se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.91: *Composición del fruto de maracuyá*

Parte del fruto	Peso (g)	Composición (%)
Semilla	72,90	3,63%
Pulpa	796,69	39,70%
Cáscara	1 137,30	56,67%
Total	2 006,89	100,00%

Elaboración propia.

Segunda parte experimental

Preparación de las semillas de maracuyá para el proceso de secado

El peso total de las semillas de maracuyá utilizadas para evaluar los ocho tratamientos del diseño experimental fue de 2 337,44 gramos. Estas semillas fueron sometidas a un proceso de limpieza por inmersión para eliminar impurezas y semillas vanas. Después de la limpieza, el peso de las semillas húmedas fue de 2 510,50 gramos (ver figura A.30 en anexos). Posteriormente, las semillas húmedas se dividieron en dos bandejas de aluminio con 1 200 gramos de semillas cada una.

Secado de las semillas

De acuerdo con los niveles establecidos en la tabla 4.1 para el factor A, este proceso se llevó a cabo bajo dos condiciones de secado. Para lo cual, una de las bandejas con semillas se secó a 40 °C en el horno Fisher Scientific modelo 737F, mientras que la otra se sometió a 60°C en el horno Fisher Scientific modelo 825F. En ambos casos, el tiempo de secado estimado fue de 4 horas, conforme a lo establecido en el diseño experimental, con el objetivo de reducir la humedad de las semillas entre un mínimo del 5% y un máximo del 10% ($5 < \% \text{ humedad} < 10$).

Trascurrido este tiempo, las semillas tratadas a 60°C alcanzaron el rango de humedad esperado, por lo que se retiraron del horno y se pesaron. En cambio, las semillas tratadas a 40°C aun mostraban humedad, por lo que el tiempo de secado se extendió dos horas más; al persistir la humedad, se decidió trasladar la bandeja al horno Fisher Scientific modelo 825F. Finalmente, tras seis horas de secado adicionales, las semillas alcanzaron las condiciones de humedad adecuadas, por lo que se retiraron del horno y se pesaron. (ver figura A.31 y A.32 en anexos). Los datos recopilados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.92: *Datos experimentales del proceso de secado*

Condición de secado establecida	Datos experimentales					
	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Humedad (%)	Semillas secas (g)	Semillas húmedas(g)	Agua evaporada (g)
40°C durante 4 h	40,00	4,00	7,72	968,49	1 200,00	231,51
60°C durante 4 h	60,00	12,00	9,00	961,93	1 200,00	238,07

Elaboración propia.

Este resultado sugirió que el primer horno, modelo 737F, utilizado para el secado a 40°C, podría no haber sido adecuado para operar a esta temperatura o presentaba algún desperfecto. Sin embargo, al trasladar el proceso al horno modelo 825F, se requirió un tiempo de secado superior a las 4 horas establecidas. Por lo tanto, se determinó que, independientemente del equipo utilizado, a 40°C el tiempo de secado necesario es mayor a 4 horas.

Trituración de las semillas

Las semillas secas, se distribuyeron en ocho vasos de precipitados de 1 000 mL. Cuatro de ellos contenían semillas secas a 40°C y los otros cuatro, semillas secas a 60°C. En cada vaso se colocaron 200 gramos de semilla. Luego, se etiquetaron según el tratamiento establecido en la tabla 4.2. A los primeros cuatro tratamientos se les aplicó un pretratamiento de trituración (factor C) utilizando una licuadora Vitamix modelo 5058 Barboss advance. Después de la trituración, las semillas de cada tratamiento fueron pesadas y los resultados registrados (ver figura A.33 en anexos).

Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.93: *Datos experimentales del proceso de trituración*

Tratamiento	Temperatura (°C)	Semillas sin triturar (g)	Semillas trituradas (g)	Pérdidas (g)	Rendimiento (%)	Pérdidas (%)
1	40	200,00	198,39	1,61	99,195%	0,805%
2	60	200,00	197,70	2,30	98,850%	1,150%
3	40	200,00	198,73	1,27	99,365%	0,635%
4	60	200,00	198,58	1,42	99,290%	0,710%

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

A partir de los datos obtenidos, se determinó que en el proceso de trituración tuvo un rendimiento promedio del 99,175% y una pérdida promedio del 0,825%. Estos valores fueron necesarios para establecer los balances de materia a nivel industrial.

Extracción por solvente

La extracción por solvente para los ocho tratamientos se llevó a cabo en catorce días, utilizando una relación material-disolvente de 1:2 (ver figura A.34 en anexos). Durante la primera semana, se realizaron pruebas pilotos para evaluar los solventes disponibles y seleccionar los dos más adecuados, cuyos resultados se describieron anteriormente. Adema, estas pruebas sirvieron como capacitación para el uso adecuados de los equipos.

Para este proceso, se utilizó el Extractor Soxhlet Gerhardt modelo EV6 A11/16 para obtener la miscela (mezcla aceite/disolvente) y el Rotavapor Büchi modelo B-480 para separar el aceite del disolvente mediante evaporación al vacío, empleando una bomba de vacío Gast modelo DOA-P704-AA. Además, ambos equipos requirieron un sistema auxiliar de refrigeración de agua para la condensación, para lo cual se

utilizó el enfriador de circulación Fisher Scientific modelo 1016S (ver figura A.35 y A.36 en anexos).

El proceso de extracción por solvente seguido cada día fue el siguiente:

Primero, se activó el enfriador de circulación, que requería una hora para alcanzar una temperatura de 5°C. Mientras tanto, se preparó la muestra de 36 gramos de semillas del vaso de precipitado correspondiente al tratamiento del día. La muestra se colocó en los cartuchos de extracción y luego en el extractor Soxhlet. Posteriormente, se vertieron 110 mL del solvente correspondiente (hexano o éter de petróleo) en un balón de fondo redondo, el cual se colocó en el extractor, donde la extracción se llevó a cabo durante cuatro horas.

Después de las cuatro horas de extracción, la miscela obtenida en el balón se dejó enfriar durante diez minutos. Luego, se pesó su contenido y se colocó en el rotavapor, donde se ajustó la temperatura a la de ebullición del solvente utilizado. Se activó la bomba de vacío para separar el solvente por evaporación y condensación. El proceso en el rotavapor tuvo una duración de 25 minutos, al término de los cuales el aceite bruto extraído permaneció en el balón, mientras que el solvente recuperado quedó en otro recipiente.

Se pesó el solvente recuperado y el aceite bruto extraído, que fue vertido en un beaker, y se registraron los datos. Para eliminar por cualquier rastro de solvente remanente en el aceite, se colocó en el horno marca Fisher Scientific modelo 825F a la temperatura de ebullición del solvente utilizado (ver tabla B.12 en anexos). Cada quince minutos, se pesó el beaker con el aceite hasta alcanzar un peso constante. Finalmente, se dejó enfriar y se realizó una última medición, registrando este valor como el peso total del aceite bruto extraído (ver figura A.37 en anexos).

Los datos obtenidos se presentan en las tablas 5.94 y 5.95:

Tabla 5.94: *Datos experimentales del proceso de extracción por solvente (réplica 1)*

Tratamiento	Miscela	Solvente recuperado (g)	Solvente evaporado (g)	Aceite bruto total extraído (g)	Composición miscela (%)	
					Solvente	Aceite
1	62,34	52,32	2,23	7,79	87,50%	12,50%
2	59,44	50,13	0,56	8,76	85,27%	14,73%
3	36,22	29,62	0,17	6,43	82,25%	17,75%
4	39,00	31,52	0,31	7,17	81,62%	18,38%
5	60,83	60,73	0,10	0,00	100,00%	0,00%
6	62,65	62,50	0,15	0,00	100,00%	0,00%
7	44,63	44,56	0,07	0,00	100,00%	0,00%
8	38,32	38,03	0,29	0,00	100,00%	0,00%

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

En la tabla anterior se muestra que, en los últimos tratamientos, donde no se aplicó el pretratamiento de trituración, no se extrajo aceite de semilla de maracuyá. Esto ocurrió porque, al no someter las semillas a el proceso de prensado previo a la extracción por solvente, fueron introducidas enteras en el extractor Soxhlet, impidiendo el contacto del solvente correspondiente con el aceite en su interior. Por esta razón, se decidió omitir los últimos cuatro tratamientos en la segunda réplica, con el fin de evitar el desperdicio de reactivos y recursos del laboratorio.

Tabla 5.95: *Datos experimentales del proceso de extracción por solvente (réplica 2)*

Tratamiento	Miscela	Solvente recuperado (g)	Solvente evaporado (g)	Aceite bruto total extraído (g)	Composición miscela (%)	
					Solvente	Aceite
1	56,10	47,91	0,66	7,52	86,59%	13,41%
2	61,90	53,12	0,45	8,33	86,54%	13,46%
3	40,69	33,46	0,40	6,83	83,21%	16,79%
4	40,33	32,47	0,35	7,51	81,38%	18,62%

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

A partir de estos datos, se determinó la cantidad y porcentaje de solvente contenido en la miscela y en la harina resultante del proceso de extracción (ver figura A.38 en anexos). Para esto, se sumó el solvente evaporado y recuperado, obteniendo así la cantidad de solvente en la miscela. Esta cantidad se restó al solvente total utilizado en el proceso de extracción (ver figura A.34 en anexos), lo que permitió calcular el solvente retenido en la harina. En este último valor también se incluyó las pérdidas de solvente durante la extracción. Los resultados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 5.96: *Composición de hexano en el proceso de extracción por solvente (réplica 1)*

Tratamiento	Solvente total (g)	Solvente miscela (g)	Solvente harina (g)	Composición hexano (%)	
				Miscela	Harina
1	71,17	54,55	16,62	76,64%	23,36%
2	71,17	50,69	20,49	71,22%	28,78%
3	69,63	29,79	39,84	42,78%	57,22%
4	69,63	31,83	37,80	45,71%	54,29%
5	71,17	60,82	10,35	85,46%	14,54%
6	71,17	62,65	8,52	88,03%	11,97%
7	69,63	44,63	25,00	64,10%	35,90%
8	69,63	38,32	31,31	55,03%	44,97%

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Tabla 5.97: Composición de hexano en el proceso de extracción por solvente (réplica 2)

Tratamiento	Solvente total (g)	Solvente miscela (g)	Solvente harina (g)	Composición hexano (%)	
				Miscela	Harina
1	71,17	48,58	22,60	68,25%	31,75%
2	71,17	53,57	17,60	75,27%	24,73%
3	69,63	33,86	35,77	48,63%	51,37%
4	69,63	32,82	36,81	47,13%	52,87%

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Los datos indicaron que la cantidad de solvente retenido en la harina es mayor cuando se utilizó éter de petróleo en comparación con el hexano al 95%. Esto se atribuyó a la alta volatilidad del éter de petróleo, por lo que provocó mayores pérdidas durante el proceso en el extractor Soxhlet y la posterior recuperación en el rotavapor. Este planteamiento se confirmó, al observar que en la composición aceite-solvente en la miscela presenta un porcentaje de éter de petróleo similar al del hexano en las tablas 5.95 y 5.96. Por lo tanto, se concluyó que el uso de éter de petróleo generó mayores pérdidas en los equipos debido a su facilidad de evaporación.

Filtrado del aceite bruto

Se preparo un embudo con un papel filtro grado 1 (11 μm) y se colocó sobre un vaso de precipitado. Luego, el aceite bruto extraído se vertió cuidadosamente en el embudo, este paso lentamente a través del filtro. Durante este proceso, las partículas más finas (residuo) quedaron retenidas en el papel filtro, obteniendo así el aceite filtrado, que fue recolectado en el vaso de precipitado (ver figura A.39 en anexos). Finalmente, se pesó el aceite filtrado y se registró el valor. Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.98: Datos experimentales del proceso de filtrado del aceite bruto

Réplica	Tratamiento	Aceite bruto (g)	Aceite filtrado (g)	Residuo (g)	Composición aceite bruto (%)	
					Aceite	Residuo
1	1	7,79	7,22	0,57	92,67%	7,33%
	2	8,76	8,01	0,74	91,53%	8,47%
	3	6,43	5,06	1,37	78,69%	21,31%
	4	7,17	5,98	1,19	83,40%	16,60%
2	1	7,52	7,00	0,53	93,02%	6,98%
	2	8,33	7,56	0,77	90,75%	9,25%
	3	6,83	4,55	2,28	66,62%	33,38%
	4	7,51	5,84	1,67	77,76%	22,24%

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

A partir de los datos obtenidos, se determinó que los tratamientos (1 y 2) en ambas replicas que utilizaron como solvente al hexano al 95%, presentaron una menor

cantidad de residuos en el aceite bruto, en comparación con aquellos que utilizaron éter de petróleo.

Envasado del aceite de semilla de maracuyá

Las botellas de vidrio utilizadas como envases fueron esterilizadas previamente. Para esto, se precalentó el horno Fisher Scientific modelo 825F a 120°C, luego se colocaron en su interior las botellas durante 20 minutos. Pasado este tiempo, se retiraron y se dejaron enfriar antes su uso. Finalmente, con ayuda de un embudo y una pipeta, el aceite de semilla de maracuyá se transfirió desde el vaso de precipitados a las botellas de vidrio. (ver figura A.40, A.41 y A.42 en anexos)

Densidad del aceite de semilla de maracuyá

Para determinar la densidad del aceite de semilla de maracuyá, se utilizó un picnómetro de 25 mL. Sin embargo, no se fue posible determinar la densidad de cada tratamiento y sus réplicas, ya que la cantidad de aceite obtenida era insuficiente para llenar completamente el picnómetro. Por lo tanto, la densidad se determinó tomando como muestra el aceite extraído con las semillas sobrantes, utilizando hexano al 95% como solvente (ver figura A.43 en anexos)

Primero, se pesó el picnómetro vacío y se anotó su valor. Luego, con ayuda de una pipeta, se llenó el picnómetro con el aceite. Posteriormente, se pesó el picnómetro con el aceite y se anotó el resultado. Finalmente, la densidad se calculó con la siguiente ecuación:

$$Densidad = \frac{\text{picnómetro con aceite (g)} - \text{picnómetro (g)}}{\text{capacidad del picnómetro (mL)}} \quad (\text{Ecuación 5.13})$$

Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.99: *Densidad del aceite de semilla de maracuyá*

Medición	Capacidad del picnómetro (ml)	Picnómetro (g)	Picnómetro con aceite (g)	Densidad (g/ml)
1	25,00	36,13	59,09	0,9184
2	25,00	36,13	59,13	0,9200
3	25,00	36,13	59,10	0,9188
4	25,00	36,13	59,06	0,9172
Densidad promedio				0,9186

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Las muestras adicionales se realizaron simultáneamente con los tratamientos y sus réplicas que se utilizó hexano. Sin embargo, debido a la falta de envases, el aceite extraído de estas muestras se envasó junto con el correspondiente tratamiento de 36 gramos. Es importante aclarar, que la mezcla solo ocurrió en la etapa de envasado, por lo que la uniformidad de las muestras de 36 gramos se mantuvo a lo largo de todos los procesos previos.

5.4.3. Resultados del diseño experimental

Los datos recopilados a lo largo de la fase experimental tuvieron como objetivo evaluar los efectos de las combinaciones de los tres factores y sus respectivos niveles, empleando un diseño factorial completo 2^3 con dos réplicas. Para analizar estos efectos, de acuerdo con el acápite 4.3.4. se calculó el rendimiento de extracción (variable respuesta) para cada una de los tratamientos y sus respectivas réplicas, utilizando la ecuación 4.2.

Los resultados de la variable respuesta del diseño experimental se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.100: Resultado del rendimiento de extracción por réplica de los tratamientos

Tratamiento	Factores			Rendimiento	
	A	B	C	Réplica 1	Réplica 2
1	-	-	-	21,65%	20,90%
2	+	-	-	24,32%	23,14%
3	-	+	-	17,86%	18,97%
4	+	+	-	19,92%	20,86%
5	-	-	+	0,00%	0,00%
6	+	-	+	0,00%	0,00%
7	-	+	+	0,00%	0,00%
8	+	+	+	0,00%	0,00%

Nota. El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

5.4.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados de la parte experimental se realizó en el programa Minitab 19, utilizando la herramienta DOE para generar el diseño factorial 2^k requerido para este estudio. En primer lugar, se definieron los tres factores a considerar y se seleccionó un diseño factorial completo con dos réplicas. posteriormente, se definieron cada uno de los factores y sus respectivos niveles, conforme lo indicado en la tabla 4.1. En la siguiente tabla se presenta el resumen del diseño generado en el programa:

Tabla 5.101: Resumen del diseño factorial 2^k generado en Minitab 19

Resumen del diseño			
Factores:	3	Diseño de la base:	3;8
Corridas:	16	Réplica:	2
Bloques:	1	Puntos centrales (total):	0

Elaboración propia.

Una vez establecido el diseño factorial, se ingresaron los valores del rendimiento obtenido para cada tratamiento y sus respectivas réplicas. Luego, se solicitó al programa realizar el análisis del diseño factorial (ver tabla B.13 y la figura A.44 en anexos). Los resultados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 5.102: Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		10,476	0,126	82,88	0,000	
A	1,108	0,554	0,126	4,38	0,002	1,00
B	-1,550	-0,775	0,126	-6,13	0,000	1,00
C	-20,952	-10,476	0,126	-82,88	0,000	1,00
A*B	-0,121	-0,061	0,126	-0,48	0,644	1,00
A*C	-1,108	-0,554	0,126	-4,38	0,002	1,00
B*C	1,550	0,775	0,126	6,13	0,000	1,00
A*B*C	0,121	0,061	0,126	0,48	0,644	1,00

Nota. Los datos fueron obtenidos del análisis factorial 2^k realizado en Minitab 19. *Elaboración propia.*

El valor constante que determinó el programa fue de 10,476, que representa el rendimiento promedio alrededor del cual variaron las respuestas de las diferentes combinaciones. En términos generales, el factor más determinante fue el pretratamiento de trituración (A), con un efecto negativo de -20,952, seguido por el factor de tipo de solvente (B) y el menos determinante fue el factor de condiciones de secado (C).

Tabla 5.103: Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	1785,17	255,02	997,68	0,000
Lineal	3	1770,54	590,18	2 308,84	0,000
A	1	4,91	4,91	19,20	0,002
B	1	9,61	9,61	37,58	0,000
C	1	1756,03	1 756,03	6 869,75	0,000
Interacciones de 2 términos	3	14,57	4,86	19,00	0,001
A*B	1	0,06	0,06	0,23	0,644
A*C	1	4,91	4,91	19,20	0,002
B*C	1	9,61	9,61	37,58	0,000
Interacciones de 3 términos	1	0,06	0,06	0,23	0,644
A*B*C	1	0,06	0,06	0,23	0,644
Error	8	2,04	0,26		
Total	15	1 787,22			

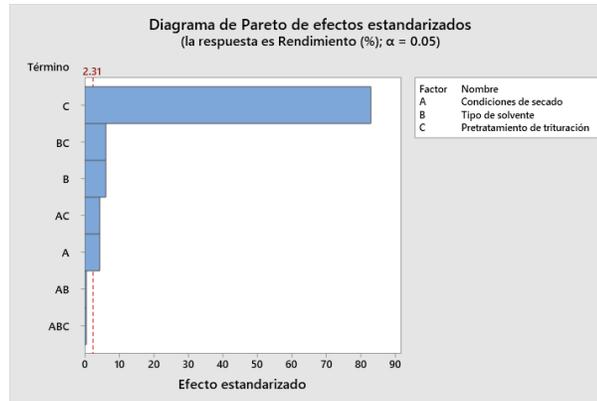
Nota. Grados de libertad (GL), Suma de cuadrados ajustada (SC Ajust) y Cuadrado medio (MC Ajust.). Los datos fueron obtenidos del análisis factorial 2^k realizado en Minitab 19. *Elaboración propia.*

A partir de la tabla de análisis de varianza, se determinó que todos los factores (A, B y C) tienen un efecto significativo en el rendimiento de extracción, ya que tuvieron un valor p menor a 0,05. Esto indicó que cada factor posee un nivel que contribuye a obtener un mayor rendimiento de extracción.

Respecto a las interacciones de los factores, en la figura 5.10 y 5.11 se presentan, respectivamente, el diagrama de Pareto estandarizado y la gráfica normal de los

efectos estandarizados. Estos gráficos permitieron interpretar visualmente los resultados del análisis de varianza.

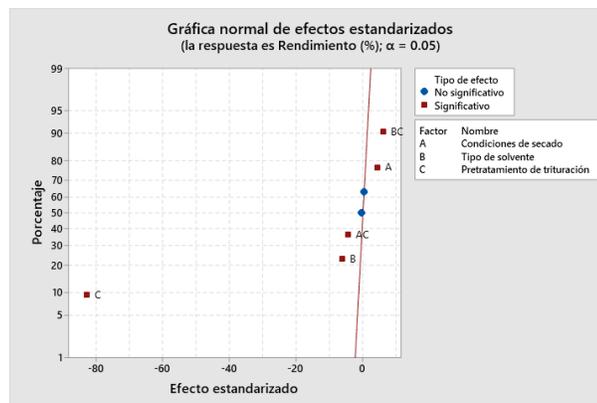
Figura 5.12: *Diagrama de Pareto de efectos estandarizados del diseño factorial 2^k*



Nota. El gráfico fue generado en Minitab 19. *Elaboración propia.*

En el diagrama, los factores y combinaciones fueron ordenados de mayor a menor según su impacto en la variable respuesta. La línea roja en el gráfico, con un valor de 2,31, representa un punto de referencia denominado valor crítico (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008, pág. 189). Los factores o interacciones cuyas barras superaron esta línea se consideraron significativo para el rendimiento de extracción. Por el contrario, aquellos cuya barra no alcanzó este umbral se interpretaron como efectos no significativos.

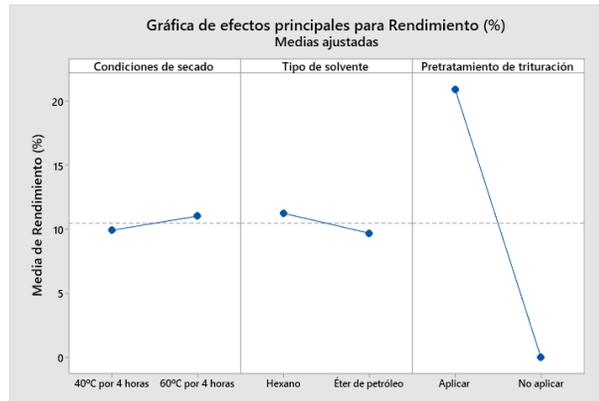
Figura 5.13: *Gráfica normal de efectos estandarizados del diseño factorial 2^k*



Nota. En la gráfica los puntos mientras más alejados estén de la línea roja mayor será su efecto en el rendimiento de extracción. El gráfico fue generado en Minitab 19. *Elaboración propia.*

Si bien se identificaron los factores y combinaciones que influyen en el rendimiento de extracción, fue necesario determinar que niveles de estos factores lo favorecen. Para esto, se solicitó al programa de Minitab generar los gráficos factoriales, los cuales se presentan a continuación.

Figura 5.14: Gráfica de efectos principales para el rendimiento de extracción

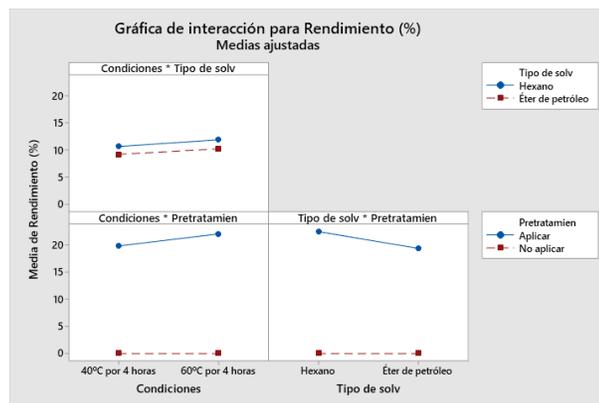


Elaboración propia.

Del gráfico de los efectos principales, se concluyó que los niveles que maximizaron el rendimiento de extracción del aceite de semilla de maracuyá fueron: la condición de secado a 60°C por 4 horas (-), el uso de hexano como solvente (+) y la aplicación del pretratamiento de trituración (+).

Por el contrario, la condición de secado a 40°C por 4 horas (+), el uso de éter de petróleo como solvente (-) y no aplicar el tratamiento de trituración (-), reducen el rendimiento de extracción.

Figura 5.15: Gráfica de interacción para el rendimiento de extracción



Elaboración propia.

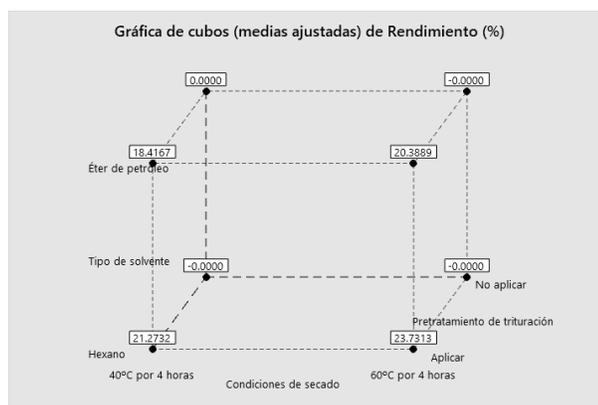
Si bien, el análisis individual de cada factor permitió identificar los niveles que favorecen el rendimiento de extracción, fue necesario analizar las interacciones entre ellos para evitar conclusiones erróneas.

En el gráfico de interacción se observa que no hubo intercepción entre las líneas que representan los factores en ningunas de sus combinaciones. Esto indicó que, en cada combinación, existe un nivel específico de cada factor que favorece el rendimiento de extracción.

Tomando en cuenta los análisis estadísticos realizados, se concluyó que las condiciones óptimas para maximizar el rendimiento de extracción del aceite de semilla de maracuyá corresponden al tratamiento 2 (+1, -1, -1), es decir, a 60°C por 4 horas, hexano como solvente y aplicación del pretratamiento de trituración.

Esta conclusión se vio reflejada en la gráfica de cubo, donde el vértice que representa el tratamiento 2 presentó el mayor valor promedio por corrida, con un rendimiento de 23,7313% (ver figura A.45 en anexos).

Figura 5.16: Gráfica de interacción para el rendimiento de extracción



Nota. El gráfico fue generado en Minitab 19. *Elaboración propia.*

El resultado del análisis estadístico se utilizó para determinar los datos experimentales empleados para el cálculo de los balances de materia y energía a nivel industrial (ver tabla B.14 en anexos).

VI. Conclusiones

- ✓ El estudio de mercado del aceite de maracuyá permitió identificar una demanda potencial insatisfecha significativa de 350 392,01 kg anual para el año 2025 en el municipio de Managua, respaldada por el creciente interés en productos cosméticos naturales y la limitada oferta local. A través de encuestas a consumidores, se confirmó una alta predisposición a la compra del aceite de maracuyá, especialmente en sus presentaciones de 30 y de 50 mL. Asimismo, se estableció que el canal de distribución más viable es a través de minoristas en tiendas físicas, en concordancia con las preferencias de compra del público objetivo. Finalmente, el análisis competitivo demostró que, si bien existen marcas consolidadas en el sector cosmético, la diferenciación del aceite de maracuyá por sus propiedades naturales y beneficios específicos representa una ventaja estratégica para su posicionamiento en el mercado.
- ✓ El estudio técnico permitió definir la tecnología de los equipos, los parámetros del proceso y los requerimientos de infraestructura, materia prima e insumos para la planta extractora de aceite de semilla de maracuyá. Respecto a los requerimientos de infraestructura y mano de obra, se identificó diez áreas organizativas con un total de 5 337,12 m² para su correcta distribución y un total de 51 trabajadores para llevar a cabo las actividades necesarias para cumplir con el plan de producción. Considerando esta información, se determinaron los requerimientos de mobiliario, equipos y materiales para cada área, y se seleccionó la ubicación de la planta en Chagüitillo, municipio de Sébaco, Matagalpa. Además, se determinó que la planta operara en dos turnos cada uno de ocho horas, debido a las pausas generadas por el proceso de secado y la extracción con solvente.
- ✓ Se determinó que el proceso de producción requiere un total de catorce operaciones, organizadas en tres subáreas: extracción de semillas, pretratamiento de semillas y extracción de aceite. A partir de estas operaciones se identificó los requerimientos tecnológicos en equipos de procesos. Para el prensado en frío, se seleccionó la máquina MIKIM, que permite la extracción sin elevadas temperaturas y realiza un primer filtrado para eliminar los residuos de la torta de extracción. En la extracción por solvente, se seleccionó el extractor DTWZ-D2, que opera mediante un sistema sólido-líquido por arrastre de solvente, logrando una recuperación del 73,25% del hexano mediante evaporación y condensación para su reutilización. En general, el proceso diseñado tiene la capacidad de alcanzar un rendimiento del 23,73% respecto a la semilla triturada.

- ✓ El análisis financiero del proyecto confirma su prefactibilidad, destacando que el mejor escenario se logra con un financiamiento del 70%. A través de indicadores clave como la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto (VPN) y la relación beneficio-costos (B/C), se demuestra que el proyecto es rentable, generando un beneficio de U\$ 4,11 por cada dólar invertido. Además, la TIR obtenida, que es del 136%, supera la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), lo que garantiza que la inversión generará utilidades por encima del costo de oportunidad del capital. La combinación de financiamiento propio y bancario permite optimizar los recursos y minimizar los riesgos financieros. Sin embargo, para maximizar la rentabilidad y asegurar el éxito del proyecto, es fundamental una gestión eficiente de los costos y una estrategia comercial efectiva que impulse la aceptación del producto en el mercado.

- ✓ Con base en la demanda insatisfecha identificada, el diseño de un proceso productivo eficiente y escalable, así como los resultados positivos de los indicadores financieros, se estableció que el proyecto es rentable. Por tanto, se concluye que cuenta con fundamentos sólidos desde los puntos de vista de mercado, técnico y financiero para determinar la viabilidad de la instalación de una planta extractora de aceite de semilla de maracuyá en el departamento de Matagalpa.

VII. Recomendaciones

- ✓ Es fundamental realizar un estudio de impacto ambiental para identificar, prevenir y mitigar posibles efectos adversos en el entorno. También se recomienda establecer regulaciones específicas para las actividades de la planta, minimizando impactos en Chagüitillo, municipio de Sébaco, departamento de Matagalpa.
- ✓ Diseñar un sistema de recirculación por condensación del vapor utilizado en el proceso de extracción y evaporación permitiría optimizar el consumo energético, mejorar la eficiencia del sistema y reducir costos operativos.
- ✓ Ante posibles interrupciones en el suministro de energía eléctrica, se recomienda implementar un sistema de respaldo energético en la planta extractora. Esto puede lograrse mediante la instalación de un generador eléctrico de emergencia, con capacidad suficiente para mantener en funcionamiento los equipos críticos del proceso y evitar así pérdidas de materia prima, daños en los equipos, accidentes laborales y paros prolongadas en la producción.

Las siguientes recomendaciones están orientadas al aprovechamiento de los residuos y subproductos generados durante el proceso de extracción. Fomentando un modelo de economía circular dentro de la planta y promover prácticas sostenibles que generen beneficios tanto ambientales como económicos.

- ✓ Durante el primer año de operación, se generarán diariamente 3 220,73 Kg (3 387,56 L) de pulpa, aumentando en los años siguientes. Para aprovechar este subproducto y aumentar los ingresos, se sugiere diseñar y evaluar una línea de producción para derivados de la pulpa de maracuyá. Procesos como homogeneización, pasteurización y evaporación permitirían obtener pulpa congelada o concentrada, mientras que su transformación en mermeladas, helados o jugos ampliaría la oferta comercial.
- ✓ Incorporar un proceso de desolventización de harina resultante de la extracción por solvente permitiría recuperar hasta un 26,76% del hexano utilizado, reduciendo costos y optimizando el uso del solvente. Además, se recomienda analizar mercados potenciales para la harina y sus derivados, dada su alta concentración de proteínas y su potencial en la alimentación animal o la producción de proteínas aisladas para consumo humano.
- ✓ La cáscara de maracuyá, rica en proteínas, carbohidratos, aminoácidos y pectina, podría utilizarse como materia prima en la producción de alimentos para animales, biocombustibles, películas biodegradables, abonos orgánicos y harinas. Esta última, a su vez, puede enriquecer productos mejorando su valor nutricional (Campos Rodriguez et al., 2023).

VIII. Definiciones

- ✓ Edafoclimático: se refiere a Suelo y Clima de una zona geográfica (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación del Cauca, 2019).
- ✓ Elutriación: La elutriación es un proceso que separa las células según su tamaño, forma y densidad (Invetech, 2023) .
- ✓ Emoliente: son sustancias que suavizan la piel y crean una capa lipídica y protectora que evita la pérdida de agua por evaporación. Esto permite que la dermis esté más hidratada y recupere su flexibilidad (Navarro Escrivá, 2022).
- ✓ Mesocarpio: El mesocarpio de una fruta está constituido por la pulpa carnosa que rodea la semilla (EcuRed, 2014).
- ✓ Nicho: Un nicho de mercado es un término de mercadotecnia utilizado para referirse a una porción de un segmento de mercado en la que los individuos poseen características y necesidades homogéneas, y estas últimas no están del todo cubiertas por la oferta general del mercado (Santana, 2024).
- ✓ Pectina: La pectina es un polisacárido originario de la pared celular de muchas plantas, principalmente frutas y verduras. Se conoce por su amplio uso en la industria alimentaria debido a su capacidad de gelificar, dar viscosidad y consistencia a los productos alimenticios. La mayoría de las pectinas comerciales se extraen de las cáscaras de cítricos (Campos Rodriguez et al., 2023).
- ✓ Reacción de iniciación: Son aquellas que forman un intermediario reactivo, que puede ser un átomo, un ion o un fragmento molecular neutro, generalmente mediante la acción de un agente como la luz, el calor o un catalizador (Britannica, 2023).

IX. Glosario

CD	Capacidad de Diseño
CM	Multiplicador de circulación
CR	Capacidad Real
CS	Capacidad del Sistema
CPC	Consumo Per Cápita
DAL	Demanda Actual Local
DD	Días Domingos al año
DF	Días Feriados no laborables
DM	Días de Mantenimiento
DPI	Demanda Potencial Insatisfecha
FID	Detector de Ionización de Llama
GC	Cromatografía de Gases
MG	Maracuyá Grande
MM	Maracuyá Mediano
NSF	Área neta total
OAL	Oferta Actual Local
PA	Peso de aceite extraído
PS	Peso total de semilla utilizada para cada extracción
TMAR	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento
TNO	Tiempo Normal de Operación
USF	Área total utilizable

X. Bibliografía

- Alcaldía de Managua. (2021). *urbanismo.managua.gob.ni*. Cartilla Urbanística para el municipio de Managua: https://urbanismo.managua.gob.ni/wp-content/uploads/2021/03/Cartilla_Urbanistica_2021.pdf
- Alcaldía de Managua. (2024). *Guía de la capital de Nicaragua: Managua*. Alcaldía de Managua: <https://www.managua.gob.ni/wp-content/uploads/2024/08/MANAGUA-EN-CIFRAS-10-oct-copia.pdf>
- Arranz, S., Cert, R., Pérez Jiménez, J., Cert, A., y Saura Calixto, F. (15 de October de 2008). *Comparison between free radical scavenging capacity and oxidative stability of nut oils*. Food Chemistry: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608003087?via%3Dihub>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (1996). *LEY NO.185: CODIGO DEL TRABAJO RELATIVO A JORNADAS DE TRABAJO, DESCANSOS, PERMISOS Y VACACIONES. ARTICULO 66*. <https://www.poderjudicial.gob.ni/cjnejava/pdf/codigo-trabajo.pdf>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (13 de Junio de 2007). <http://legislacion.asamblea.gob.ni/>. Ley No. 618: Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo: [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/16624DBD812ACC1B06257347006A6C8C?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/16624DBD812ACC1B06257347006A6C8C?OpenDocument)
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de proyectos* (sexta ed.). McGraw-Hill.
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (Séptima ed.). México: McGRAW-HILL.
- Bailey, A. (2020). *Aceite y grasas industriales* (Segunda ed.). REVERTÉ.
- Banco Central de Nicaragua. (Enero de 2017). <https://www.bcn.gob.ni/>. Cartografía Digital y Censo de Edificaciones : <https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/cartografia/Sebaco.pdf>
- Banfi, S. (31 de Marzo de 2023). *CDRFoodLab*. Nuevo método para determinar el índice de yodo en aceites y grasas: https://download.cdrfoodlab.com/FatsOils/CDR_FoodLab_indice_yodo_aceites_grasas_P2304_ES.pdf
- Banpro. (2024). *Catálogo de productos y servicios*. Banco de la producción S.A: <https://www.banprogrupopromerica.com.ni/media/1162555/catalogo-prod-banpro-2022-origami-orto.pdf>

- Bao, S. F. (2020). *DISEÑO DE EXPERIMENTOS: DISEÑO FACTORIAL*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Baquero Franco, J. (1988). *EXTRACCION DE ACEITE DE SEMILLAS OLEAGINOSAS*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1988_03.pdf
- BCN. (2024). *BCN informa sobre resultados de la inflación de 2024*. Banco Central de Nicaragua: https://bcn.gob.ni/sites/default/files/noticias/notas_prensa/2024/inflacionnp10125.pdf
- BCN. (2024). *Precios promedios de energía eléctrica*. Banco Central de Nicaragua: <https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/estadisticas/precios/Energia/2-15.htm>
- BCN. (2024). *Precios promedios del agua potable*. Banco Central de Nicaragua: <https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/estadisticas/precios/Energia/2-16.htm>
- Benítez Estrada, A., Villanueva Sánchez, J., González Rosendo, G., Alcántar Rodríguez, V. E., Puga Díaz, R., y Quintero Gutiérrez, A. G. (2020). *Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP)*. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 23: 1-9, 2020.: aragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/244/307
- Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica* (Sexta ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Britannica. (2023). *Iniciación reacción química en cadena*. Britannica: <https://www.britannica.com/science/initiation-chemical-chain-reaction>
- Campos Rodriguez, J., Acosta Coral, K., Moreno Rojo, C., y Paucar Menacho, L. M. (14 de noviembre de 2023). *Maracuyá (Passiflora edulis): Composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo*. Universidad Nacional del Santa - Perú: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172023000400011#:~:text=El%20maracuy%C3%A1%20crudo%20est%C3%A1%20compuesto,el%20c%C3%ADtrico%20y%20el%20m%C3%A1lico.
- CARLO ERBA. (09 de Octubre de 2023). <https://shop-espana.ctseurope.com/>. Ficha de seguridad: Éter de petróleo 40°-65°C/ 35°-60°C / 40°-70°C: <https://shop->

espana.ctseurope.com/documentacioncts/fichasdeseguridadweb2018/3.2re
activosparalaboratorio2017esp/eterdepetroleo40-60reactivo.pdf

- Casas 24. (2024). *https://www.casas24.com/*. En venta preciosa finca en "CHAGUITILLO"SEBACO-MATAGALPA:
https://www.casas24.com/nicaragua-es/propiedades-comerciales-terrenos-y-fincas/en-venta-preciosa-finca-en-quot-chaguitillo-quot-sebaco-matagalpa/23942808
- Cefla Miranda, K. O. (Abril de 2015). *DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE VEGETAL COMESTIBLE DE LAS SEMILLAS DE CHÍA (SALVIA HISPANICA L.) MEDIANTE PRENSADO*. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional:
https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10365/3/CD-6164.pdf
- Cervera Fantoni, A. L. (2003). *ENVASE Y EMBALAJE: La venta silenciosa* (Segunda ed.). Madrid: ESIC.
https://books.google.com.ni/books?id=Yzha4dQ10yoC&newbks=0&printsec=frontcover&dq=El+vidrio+Cervera,+2003,&hl=es-419&redir_esc=y#v=onepage&q=El%20vidrio%20Cervera%2C%202003%2C&f=false
- Chacon, C. (1988). *Guia práctica para el cultivo de maracuyá en el valle del Cauca*. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA:
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/30456/28011_18020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chavarría Molina, M. A., & Sánchez Sequeira, O. J. (2021). *DISEÑO DE UNA PLANTA SEMI-INDUSTRIAL DE PULPA CONGELADA DE MARACUYÁ EN EL MUNICIPIO DE LA CONCEPCIÓN –MASAYA*. Trabajo de graduación, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA:
https://ribuni.uni.edu.ni/4123/1/95935.PDF
- Condo Plaza, L. A., & Pazmiño Guadalupe, J. M. (2015). *Diseño experimenta: en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias* (Vol. I). ESPOCH.
- Conexión Esan. (24 de enero de 2017). *El índice beneficio/costo en las finanzas corporativas*. Esan: *https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-indice-beneficio-costo-en-las-finanzas-corporativas#:~:text=Para%20calcular%20la%20relaci%C3%B3n%20B,de%20los%20costos%20tambi%C3%A9n%20descontados.*
- Countrymeters. (2025). *Reloj de población de Nicaragua*. Countrymeters:
https://countrymeters.info/es/Nicaragua

- Cronoshare. (2025). *www.cronoshare.com*. ¿Cuánto cuesta nivelar un terreno?: <https://www.cronoshare.com/cuanto-cuesta/nivelar-terreno#:~:text=El%20precio%20de%20nivelaci%C3%B3n%20de,3%20o%204%20%E2%82%AC%2Fm2>.
- DGA. (s.f.). *Dirección General de Servicios Aduaneros*. Estadísticas: <https://www.dga.gob.ni/estadisticasWeb.cfm>
- dockequipment. (19 de Marzo de 2015). <https://www.dockequipment.eu/>. Diseño del Muelle de Carga: <https://www.dockequipment.eu/sites/default/files/uploads/100%20Home/Doc%20Design/Dise%C3%B1o%20del%20Muelle%20de%20Carga%20-%201%20El%20suelo%20ES.pdf>
- DOTERRA. (2025). *www.doterra.com*. Aceites esenciales puros a través de pruebas de calidad CPTG™ Certificado de Pureza Total Garantizada: https://www.doterra.com/GT/es_GT/cptg-testing-process
- EcuRed. (2014). *Mesocarpio*. EcuRed: <https://www.ecured.cu/Mesocarpio>
- Escobar Torres, W., & Cabrera, C. A. (2006). *MANUAL TECNICO DE CULTIVO DE MARACUYA (Passiflora edulis L) EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA*. Gobernación del Huila Secretaraia de Agricultura y Minería: <https://www.huila.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuccion=descargar&idFile=20216>
- Esquivel, A., & Vargas, P. (2007). *Uso de aceites esenciales extraídos por medio de fluidos supercríticos para la elaboración de alimentos funcionales*. *Tecnología en Marcha* 20(4),41-50: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/download/450/378
- FAO/OMS. (1993). *Grasas y aceites en la nutrición humana*. De Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://books.google.com.ec/books?id=jK76GEHsdkAC&pg=PA39&dq=ext#v=onepage&q&f=false>
- Fernández Bao, S. (2020). *DISEÑO DE EXPERIMENTOS: DISEÑO FACTORIAL*. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona: UPC.
- Gasbarrino, S. (29 de noviembre de 2023). *Valor presente neto: qué es, cómo se calcula y ejemplos*. Blog Hubspot: <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-valor-presente-neto>
- Giuffrè, A. M. (Abril de 2007). *Chemical composition of purple passion fruit (Passiflora edulis Sims var. edulis) seed oil*. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse* : https://www.researchgate.net/profile/Angelo-Giuffre/publication/271503392_Chemical_composition_of_purple_passion_f

ruit_Passiflora_edulis_Sims_var_edulis_seed_oil/links/54c9041d0cf25087c4ec31d8/Chemical-composition-of-purple-passion-fruit-Passiflora-edulis

- Gould, F., & Joyce, N. (2003). *Construction Project Management*. Pearson.
- GSA. (11 de Mayo de 2012). <https://www.wbdg.org/>. Circulation: Defining and planning:
https://www.wbdg.org/FFC/DOD/UFC/600SERIES/RESOURCES/Circulation_-_Defining_and_Planning.pdf
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda ed.). México: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, F. (10 de Enero de 2024). www.elfinanciero.com.mx. La importancia de la mano de Obra y la rentabilidad en las empresas controlando la rotación:
<https://www.elfinanciero.com.mx/monterrey/2024/01/10/francisco-gutierrez-la-importancia-de-la-mano-de-obra-y-la-rentabilidad-en-las-empresas-controlando-la-rotacion/#:~:text=La%20mano%20de%20obra%20es,largo%20plazo%20de%20las%20empresas>.
- HIPOTECAS.COM. (s.f.). *¿Qué son la TIR y el VAN? Conoce la Tasa Interna de Retorno y el Valor Actual Neto*. HIPOTECAS.COM:
<https://hipotecas.com/es/blog/conoce-tasa-interna-retorno-valor-actual-neto/>
- Ibarz, A., & Barbosa-Cánovas, G. (2005). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Iglesias, J. (2009). *Diseño de ingredientes antioxidantes de origen natural y su aplicación en la estabilización de productos derivados de la pesca*. (Primera ed.). Universidad de Santiago de Compostela de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Instituto de Investigaciones Marinas.
- INATEC & JICA. (2018). *Manual del protagonista - Cultivos de frutales* (Vol. 2da edición). Nicaragua.
- INATEC. (2 de Julio de 2018). <https://www.tecnacional.edu.ni/>. Higiene y seguridad en el trabajo:
https://www.tecnacional.edu.ni/media/MANUAL_HIGIENE_Y_SEGURIDAD_DEL_TRABAJO_n0786ag.pdf
- INETER & DGOT. (2021). *PRIMER ATLAS NACIONAL DE SUELOS DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA 2021*. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales: <https://www.ineter.gob.ni/flipatlassuelo-Ord/publicacionflip/atlassuelo.html>

- INETER. (2023). *Boletín climático mensual 2023-2024*. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales:
<https://www.ineter.gob.ni/boletincambioclimaticomensual.html>
- INETER. (2024). *CLIMA DE NICARAGUA*. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales: <https://www.ineter.gob.ni/met.html>
- INIDE. (2017). *Reporte de Pobreza y Desigualdad EMNV 2016*. Instituto Nacional de Información de Desarrollo:
<https://www.inide.gob.ni/docs/Emnv/Emnv17/Reporte%20de%20Pobreza%20y%20Desigualdad%20-%20EMNV%202016%20-%20Final.pdf>
- INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA. (24 de Febrero de 2025). *MONITOREO DE PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES*. DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS: https://www.ine.gob.ni/wp-content/uploads/2022/04/RES_monitoreo.pdf
- Invetech. (2023). *Elutriation*. Cell&gene:
<https://www.cellandgene.com/doc/elutriation-how-it-works-0001>
- ISO 10628-2. (15 de Diciembre de 2010). <https://tajhizkala.ir/>. Diagrams for the chemical and petrochemical industry — Part 2: Graphical symbols:
https://tajhizkala.ir/doc/Drawing/DIS_10628-2%202010.pdf
- labKem. (30 de Septiembre de 2022). <https://labbox.es/>. Ficha de datos de seguridad: n-Hexano 95%: https://labbox.es/wp-content/uploads/FDS/SDS_ES_10255.pdf
- Legislación de Nicaragua. (1999). *REGLAMENTO A LA LEY No. 303; DE REFORMA A LA LEY No. 257; LEY DE JUSTICIA TRIBUTARIA Y COMERCIAL*. Legislación de Nicaragua:
[http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(\\$All\)/77A3615675C5199E0625723A005879BA?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/77A3615675C5199E0625723A005879BA?OpenDocument)
- Lemus, G. (Octubre de 1970). El maracuya - Una nueva especie posible de incorporar en la zona central. Santiago, Chile.
- Lévano Reátegui, L. A., Saavedra Monterrey, F. L., y Villacorta Guevara, G. M. (2019). *ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA OBTENER ACEITE ESENCIAL DEL FRUTO DE MARACUYÁ (Passiflora edulis), EN LA REGIÓN LORETO*.
- Loásiga Jarquín, F., & Jiménez Martínez, E. (27 de julio de 2022). *Abundancia, riqueza y diversidad de insectos asociados al cultivo de maracuyá (Passiflora edulis Sims) en Matagalpa, Nicaragua*. LA CALERA:
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/306/3063461001/html/>

- Malacrida, C. R., & Jorge, N. (2012). *Yellow Passion Fruit Seed Oil (Passiflora edulis f. flavicarpa): Physical and Chemical Characteristics*. Brazilian Archives of biology and technology, 55(1), 127-134:
<https://www.scielo.br/j/babt/a/3j9Q6CkdqFkMy5FZSKBfNbD/?format=pdf&lang=en>
- MEFCCA. (2022). *Cultivo de calala*. MEFCCA:
<https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento4139350.pdf>
- Meyer Torres, G., Sarmiento, O. I., Ramírez, R. I., y Guevara, O. (2018). *Estimación del contenido de fenoles totales en aceite esencial de Caléndula (Calendula officinalis L) obtenido mediante OAH*. Revita ION 31(1),7-12:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v31n1/0120-100X-rion-31-01-7.pdf>
- Miguenz, M., Gotlib, N., Muschietti, L., Van Baren, C., Nadinic, J., Ferreira, J., . . . Fortunato, M. (2023). *QUÍMICA COSMÉTICA Y ESTÉTICA I*. Tercero en Discordia.
- Mio Falla, W. M., & Farro Zegara, J. R. (2019). *“Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de aceite de semilla de maracuyá, por prensado en frío para exportación”*. Tesis de titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8152/BC->
- Morisset, A. L. (2024). *Salud de la mujer - Guía completa*. Anne Louise Morisset.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos* (Sexta ed.). PEARSON EDUCACIÓN, México.
- Navarro Escrivá, R. (2 de Marzo de 2022). *Emolientes*. atida mifarma:
https://www.atida.com/es-es/blog/emolientes?srsId=AfmBOorekiLWbni5lbpPgeVmHxDVwXBuvDU-_M5HuBLmTwE9fmdsJEbZ
- Nicatributos. (2025). *Salario Neto*. Nicatributos:
<https://nicatributos.2grow.xyz/salario-neto/>
- Nolasco Guzman, E. D. (2015). *Evaluación de cuatro métodos de extracción de aceite de la semilla de piñón (Jatropha curcas) var. Cabo Verde y cuantificación de sus ésteres de forbol*. Proyeco de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA, Honduras.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3d7cf66b-00f1-42cd-a4cf-eb10a3c799bb/content>
- NORMA TÉCNICA I.S. 010. (5 de Noviembre de 2005).
<https://www.saludarequipa.gob.pe/>. INSTALACIONES SANITARIAS PARA

EDIFICACIONES:

https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/IS.010.pdf

NORMA TÉCNICA N°. NTON 12 007-04. (17 de Mayo de 2006).

<http://legislacion.asamblea.gob.ni/>. NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE DE DIMENSIONAMIENTO PARA DESARROLLOS HABITACIONALES:

<http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/3133c0d121ea3897062568a1005e0f89/fe1923303a43414d062587ac007349d5>

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2020).

<https://www.oirsa.org/>. Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimiento:

<https://www.oirsa.org/contenido/2020/Guia%20para%20uso%20de%20cloro%20como%20desinfectante%20en%20establecimientos%2023.06.2020.pdf>

Pantoja Chamorro, A. L., Hurtado Benavides, A. M., y Martinez Correa, H. A.

(2017). *Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (Passiflora edulis Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO2 supercrítico*. Acta Agronómica:

<https://www.redalyc.org/pdf/1699/169950127005.pdf>

Pérez Suarez, O. B. (abril de 2017). *Producción de Maracuyá (Passiflora edulis Sims) en el departamento de Matagalpa por medio del proyecto*

“Mejoramiento de Medios de Vida a través del desarrollo de la Cadena de Valor de la maracuyá” de Caritas Diocesana. Trabajo de graduación, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA:

<https://repositorio.una.edu.ni/3471/1/tnf04p438p.pdf>

Pérez, A. (23 de abril de 2021). *Estudio financiero: en qué consiste y cómo llevarlo a cabo*. OBS - Business School:

<https://www.obsbusiness.school/blog/estudio-financiero-en-que-consiste-y-como-llevarlo-cabo>

Plan Nacional de C.T.M. (9 de Enero de 2006). <http://www.consortioaletas.es/>.

Recomendaciones de diseño de varío y aparcamiento:

http://www.consortioaletas.es/doc/20080909/anexos/recomendaciones_diseño_viario.pdf

Proaño, J., Rivadeneira, E., Moncayo, P., y Mosquera, E. (2020). *Aceite de maracuyá (Passiflora edulis): Aprovechamiento de las semillas en productos cosméticos*. Enfoque UTE, V.11-N.1:

<https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/532/597>

- PROCOMER. (2020). *Manual Técnico Poscosecha de Maracuyá*. Costa Rica.
<https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Manual-de-poscosecha-maracuy%C3%A1.pdf>
- Quimiz, C. L. (2013). *ESTUDIO TÉCNICO - ECONÓMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ACEITE A BASE DE SEMILLAS DE MARACUYÁ*.
- Ramírez Romero, C. (2014). *ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ*. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8680/3/CD-5827.pdf>
- Réblová, Z. (2012). Effect of Temperature on the Antioxidant Activity of Phenolic Acids. *Czech J. Food Sci.*, 30(2), 171-177.
<https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/cjf/2012/02/09.pdf>
- Rivas Urbina, F. M., Osorio Rivera, L. I., y Núñez Fuentes, L. T. (2021). *Elaboración de Vino de Maracuyá utilizando azúcar de caña y miel de abeja como edulcorante*. Trabajo de graduación, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León:
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9532/1/251737.pdf>
- Rodero, H. (2024). *Todo sobre tu pelo y tu piel: Consigue mejores resultados invirtiendo menos tiempo, esfuerzo y dinero* (Primera ed.). EDICIONES B.
- Rodrigues, N. (20 de febrero de 2023). *Cómo realizar un análisis de costo-beneficio (con ejemplos)*. Blog HubSpot:
<https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20costo%2Dbeneficio%20es%20un%20proceso%20que%20se,como%20%C3%ADndice%20neto%20de%20rentabilidad.>
- Sánchez Moreno, C., Larrauri, J., y Saura Calixto, F. (26 de Marzo de 1999). *A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols*. SCI (Where science meets business):
[https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2%3C270::AID-JSFA945%3E3.0.CO;2-9](https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2%3C270::AID-JSFA945%3E3.0.CO;2-9)
- Santana, H. (2024). *Nichos de Negocios*. SCRIBD:
<https://es.scribd.com/document/470409586/Nichos-de-Negocios-docx>
- Sapag Chain, N. (2011). *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación* (Segunda ed.). Pearson Education, Chile.

- Sayago, A., Marín, M., Aparicio, R., y Morales, M. (2007). *Vitamina E y aceites vegetales*. GRASAS y ACEITES, 58(1), 74-86.:
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/2470/1/Sayago.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación del Cauca. (2019). *EL COMPONENTE EDAFOCLIMÁTICO*. Proyecto Suelos Cauca:
<https://proyectosueloscauca.wordpress.com/2019/01/03/el-sub-modelo-edafoclimatico/>
- Singh, R., & Heldman, D. (2009). *Introducción a la ingeniería de los alimentos* (Segunda ed.). España: Editorial Acribia.
- Statista. (2024). *Evolución anual de la tasa de inflación en Nicaragua desde 2015 hasta 2029*. Statista: <https://es.statista.com/estadisticas/1190096/tasa-de-inflacion-nicaragua/>
- St-Gelais, A. (2 de Septiembre de 2014). *Laboratoire PhytoChemia*. Análisis GC – Parte V. ¿FID o MS para aceites esenciales?:
<https://phytochemia.com/en/2014/09/02/gc-analysis-part-v-fid-or-ms-for-essential-oils/>
- Universidad de Sonora. (1996). *Tablas de propiedades térmicas de los alimentos*. México. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/1261/capitulo7.pdf>
- Universidad Politécnica de valència. (23 de Mayo de 2023). <https://riunet.upv.es/>. Determinación del índice de peróxidos en grasas comestibles:
<https://riunet.upv.es/bitstream/10251/194295/1/FuentesFuentes%20-%20Determinacion%20del%20indice%20de%20peroxidos%20en%20grasas%20comestibles.pdf>
- USP. (01 de Noviembre de 2019). <https://www.uspnf.com/>. DISOLVENTES RESIDUALES: https://www.uspnf.com/sites/default/files/usp_pdf/ES/ira/gc-467-residual-solvents-ira-esp-20200420.pdf
- Valderrama, J. O., Mery, A., y Aravena, F. (1994). Industrilización de la Higuierilla o planta de ricino Parte II: extración de aceite. *Información Tecnológica*, 5(3),91-95.
- Valderrama, J., Mery, A., y Aravena, F. (1994). Industrilización de la Higuierilla o planta de ricino Parte II: extración de aceite. *Información Tecnológica*, 5(3), 91-95.
- Valverde, A. (1995). *Extracción con fluidos supercríticos: principios y aplicaciones al análisis de residuos de plaguicidas*. Diputación Provincial de Almería:
[https://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-RP-c6/\\$File/RP-c6.pdf](https://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-RP-c6/$File/RP-c6.pdf)

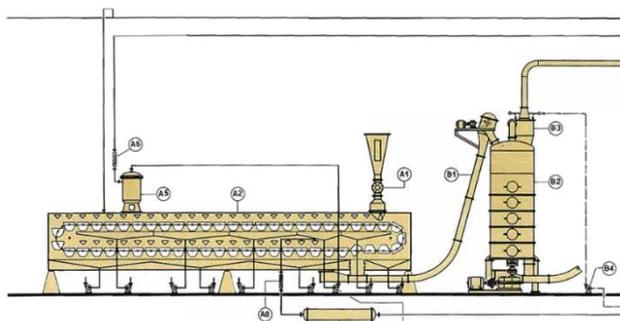
Vergagni, G. (7 de Noviembre de 2006). *www.maizar.org.ar*. Factores a considerar al definir la localización de una planta:
<https://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=225>

Viña, S. Z. (2013). *COMPUESTOS FENÓLICOS*. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales:
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/112803/CONICET_Digital_Nro.e259c68c-8b9e-472f-a1d4-0281856594ea_Q.pdf?sequence=5&isAllowed=y

XI. Anexos

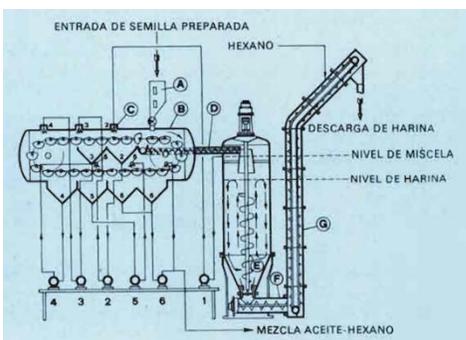
11.1. Anexo A: Figuras

Figura A.1: Esquema de extractor por percolación



Nota. A1: Válvula rotativa de carga de semilla, A2: Cuerpo del extractor, A4: Bomba de miscela, A5: Filtro de miscela, A6: Rotámetro (medidor de caudal para miscela), A8: Rotámetro (medidor de caudal para solvente), A9: Filtro de solvente, B1: Transportador, B2: Desolventizador, B3: Ciclón, B4: Bomba de inyección de agua al ciclón. Tomado de *Extracción de aceite de semillas oleaginosas* (p.16) por Baquero, 1988, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Figura A.2: Esquema de extractor mixto percolación inmersión



Nota. A: Tolvin de carga, B: cuerpo del extractor, C: Duchas de solvente, 1 a 6: Bombas de recirculación de solvente, D: Tornillo extractor, E: Agitador del extractor por inmersión, F: Tornillo de descarga, G: Elevador de cangilones. Tomado de *Extracción de aceite de semillas oleaginosas* (p.17) por Baquero, 1988, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Figura A.3: Calculo del Consumo per Cápita (CPC)

No encuestado	Frecuencia anual de	Unidades compradas	Consumo por unidad (mL)	Consumo por persona (mL)	Consumo (mL/persona * año)
1	12	1	120	1440	352.19
2	4	1	120	480	
3	4	1	120	480	
4	4	1	120	480	
5	4	1	120	480	
6	4	1	120	480	
7	4	1	120	480	
8	4	1	120	480	
9	2	1	120	240	
10	2	1	120	240	
11	12	1	120	1440	
12	12	1	120	1440	
13	12	1	120	1440	
14	12	1	120	1440	
15	12	1	120	1440	
16	4	2	120	960	
17	12	2	120	2880	
18	12	2	120	2880	
19	4	3	120	1440	
20	2	3	120	720	
21	12	3	120	4320	
22	12	3	120	4320	
23	12	3	120	4320	
24	12	1	15	180	
25	4	1	15	60	
26	4	1	15	60	

Nota: La figura muestra un fragmento de la tabla elaborada en Microsoft Excel para calcular el Consumo per Cápita (CPC). Los datos sobre la frecuencia anual de consumo, las unidades compradas y el consumo por unidad (mL) se obtuvieron de las preguntas 12, 13 y 14 de la encuesta, respectivamente. *Elaboración propia.*

Figura A.4: Calculo de la densidad absoluta del aceite de maracuyá

Propiedades del agua (Mott,2006)	
Temperatura (°C)	Densidad (Kg/m3)
25	997
28	y
30	996

Interpolación	
y =	996.4

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

Densidad relativa aceite de maracuyá	0.917
Densidad aceite de maracuyá	913.70

$$P_{relativa} = \frac{P_{sustancia}}{P_{H_2O}}$$

Nota: Los cálculos fueron realizados en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Figura A.5: Cálculos realizados para determinar la proyección de la oferta local

Proyección de Oferta Local 2025-2030					
n	Año	Poblacion Nacional	Poblacion Local	CNA (kg/año)	Oferta Local (kg/año)
0	2025	7001500.00	1177820.00	14701.02	2473.06
1	2026	7082717.40	1178785.81	13921.54	2316.98
2	2027	7164876.92	1179752.42	13142.05	2163.94
3	2028	7247989.49	1180719.81	12362.56	2013.90
4	2029	7332066.17	1181688.00	11583.08	1866.81
5	2030	7417118.14	1182656.99	10803.59	1722.63

Población Nacional 2025	7001500.00
Tasa de crecimiento	0.012
Población Local	1177820.00
Tasa de crecimiento Local	0.001

Nota: Los cálculos fueron realizados en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Figura A.6: Replicas o corridas en la familia de diseños 2^k

Diseño	Réplicas recomendadas	Número de corridas
2^2	3 o 4	12, 16
2^3	2	16
2^4	1 o 2	16, 32
2^5	fracción 2^{5-1} o 1	16, 32
2^6	fracción 2^{6-2} o fracción 2^{6-1}	16, 32
2^7	fracción 2^{7-3} o fracción 2^{7-2}	16, 32

Tomado de *Análisis y diseño de experimentos* (p. 195), por (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008).

Figura A.7: Requerimientos de hipoclorito de sodio al 12% en el proceso de lavado

Cloro requerido en el proceso de lavado		
C_i	Concentración inicial del cloro (15%)	0.12
C_f	Concentración final del cloro (50 ppm)	0.00005
V_f	Volumen de agua (L)	8,610.00
V_i	Volumen de cloro requerido (L)	3.59

$$V_i = \frac{V_f C_f}{C_i}$$

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Figura A.8: Requerimiento de agua en el extractor por solvente

Datos de balance de energía	Consumo de agua (m3/año)					
	2025	2026	2027	2028	2029	2030
mt (Kg/h)	6.25	6.25	6.26	6.27	6.28	6.29
mt (Kg/día)	99.95	100.07	100.20	100.32	100.45	100.57
ρ a 25°C (Kg/m3)	997.10	997.10	997.10	997.10	997.10	997.10
V (m3/día)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
V (m3/año)	28.07	28.10	28.14	28.17	28.21	28.24

Nota: La densidad del agua fue tomada de la "Tabla A.4.1: propiedades físicas del agua a la presión de saturación" por (Singh & Heldman, 2009, pág. 514) El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Figura A.9: Dimensiones y área de los equipos de la planta extractora

Equipos	Dimensiones (m)			Cantidad	Área (m2)
	Longitud	Ancho	Alto		
Balanza industrial rampa-Yoahua	1.20	1.20	0.10	1	1.44
Cámara frigorífica MONKFRI-MAS340T485E	11.90	12.88	3.48	1	153.27
Volcador de palets PBT-1000MG	2.00	1.80	2.90	1	3.60
Mesa de clasificación FSC-6000MG	2.53	0.53	1.05	1	1.34
Lavadora de burbuja para fruta GG-XQ4000	4.10	1.40	0.80	1	5.74
Transportador inclinado con tolva DORNER	3.00	1.50	1.81	1	4.50
Separadora de semillas, cáscara y pulpa GG-5	2.50	1.00	1.80	1	2.50
Transportador de tornillo HAIHUI	1.60	0.60	0.89	1	0.96
Lavadora de semillas industrial YXM-500	1.10	1.00	0.82	1	1.10
Horno de secado KR-C-192	4.36	2.16	2.16	1	9.42
Disipador de calor (parte horno)	5.00	3.00	4.13	1	15.00
Transportador de tornillo HAIHUI (clasificación)	2.72	0.60	1.82	1	1.63
Separador por gravedad de semillas Haide APM-5XZ	1.65	1.43	1.71	1	2.35
Transportador de tornillo HAIHUI (triturado)	2.30	0.60	1.42	1	1.38
Triturador universal DAYONG-3OB	0.75	0.60	1.26	1	0.45
Prensadora de aceite de tornillo MIKIM-6YL-170	2.84	2.60	2.26	1	7.38
Transportador ajustable MIKIM-TLSC100X3500	3.50	0.50	3.23	1	1.75
Gran extractor DTWZ-D-2	4.12	8.75	6.25	1	36.05
Bomba helicoidal doble tornillo HYGHSPIN-70H	0.61	0.20	0.27	3	0.37
Filtro de aceite centrifugo MIKIM-MIK50	0.75	0.50	0.95	1	0.38
Máquina llenadora automática VIRO-DSC100-02	1.22	3.72	1.80	1	4.54
Aire acondicionado innovair - VIN414C1V32	0.72	0.50	0.27	2	0.72
Tanque de almacenamiento de hexano ZONBO-ST4000	1.66	1.66	3.20	1	2.74
Tanque de almacenamiento de pulpa ZONBO-ST4000	1.66	1.66	3.20	1	2.74
Elevador electrico de palets CDD-B15E	2.27	0.85	1.60	1	1.93
					263.29

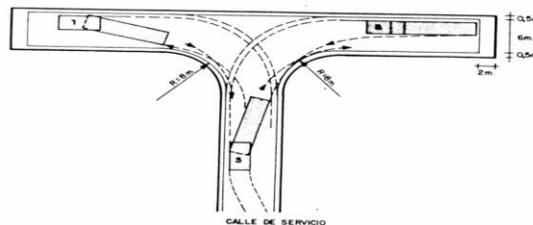
Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Figura A.10: Consumo de combustible de la caldera (Galón/hora)

Consumo de combustible de la caldera	
Energía requerida para la extracción (kJ/lote)	60,628.01
Energía requerida para la recuperación de hexano (kJ/lote)	194,305.64
Energía total para la extracción (kJ/lote)	254,933.66
Combustible requerido por la caldera (kJ/G)	140,315.00
Consumo de combustible de la caldera (G/h)	1.82

Nota: El valor del combustible requerido por la caldera, expresado en kJ por galón de diésel, se obtuvo de (Ramírez Romero, 2014, pág. 55). El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Figura A.11: Giro con maniobra en una intersección en T



Nota. El dimensionamiento de la zona de carga y descarga se realizó en base al estacionamiento de camiones por giro con maniobra en una intersección tipo T mostrado en la figura. Tomado de Recomendaciones de diseño de viario y aparcamiento (p.07) por (Plan Nacional de C.T.M, 2006).

Figura A.12: Cantidad de cajas a almacenar de productos final en ambas presentaciones

Cajas de producto final a almacenar y trasportar semanalmente	
Caja de 30ml/semana	132
Caja de 50 ml/semana	16
Cajas de producto final	147

Nota. La figura muestra los cálculos realizados en Microsoft Excel para determinar la capacidad del almacén de producto terminado, considerando los balances de materia con un 20% de sobre diseño. Se estimó una producción de 14,068 botellas de 30 mL y 2,110 de 50 mL, con cajas que contienen 100 y 125 botellas respectivamente. *Elaboración propia.*

Figura A.13: Cantidad de cajas a almacenar de botellas de vidrio

Cajas de envases de 30 y 50 ml (proveedor)	
Caja de 30ml/mes	155
caja de 50 ml/mes	29
Cajas de envases totales	184

Nota. La figura muestra los cálculos realizados en Microsoft Excel para determinar la cantidad mensual de botellas de vidrio requeridas, considerando los balances de materia con un 20% de sobre diseño. Cada caja contiene 330 botellas de 30 mL y 264 de 50 mL, respectivamente. *Elaboración propia.*

Figura A.14: Cálculo del área de producción requerida

Superficie requerida para el área de planificación y supervisión de producción						
Mobiliario y equipos	Dimensiones			Cantidad	Área (m2)	Volumen (m3)
	Largo	Ancho	Alto			
Escritorio	0.43	1.20	0.94	4	2.06	1.94
Silla de oficina	0.66	0.64	1.25	4	1.69	2.11
Mesa para cafetera	0.40	0.40	0.51	1	0.16	0.08
Impresora	0.49	0.21	0.46	1	0.10	0.05
Archivero	0.41	0.91	1.65	2	0.74	1.23
Aire acondicionado	0.72	0.50	0.27	2	0.72	0.19
Extintor	0.15	0.15	0.43	5	0.11	0.05
Dispensador de agua	0.39	0.36	1.12	1	0.14	0.15
					5.73	5.80

Distribución	Personal	Norma (m2/personal)	Área (m2)
Oficina	4	4	16.00
Zona común	4	3	12.00
Superficie libre	4	2	8.00
Mobiliario y equipos			5.73
			41.73
Superficie requerida			41.73

Superficie requerida para el área de proceso de producción						
Mobiliario y equipos	Dimensiones			Cantidad	Área (m2)	Volumen (m3)
	Largo	Ancho	Alto			
Volcador de palets PBT-1000MG	2.00	1.80	2.90	1	3.60	10.44
Mesa de clasificación FSC-4000MG	2.53	0.53	1.05	1	1.34	1.41
Lavadora de barboja para fruta GG-YQ4000	4.10	1.40	0.80	1	5.74	4.59
Transportador inclinado con tolva DORNER	3.00	1.50	1.81	1	4.50	8.15
Separadora de semillas, cáscara y pulpa GG-5	2.50	1.00	1.80	1	2.50	4.50
Transportador de tornillo HAIHUI	1.60	0.60	0.89	1	0.96	0.85
Lavadora de semillas industrial YXM-500	1.10	1.00	0.82	1	1.10	0.90
Horno de secado KR-C-192	4.36	2.16	2.16	1	9.42	20.34
Disipador de calor (parte horno)	5.00	3.00	4.13	1	15.00	61.88
Transportador de tornillo HAIHUI (clasificación)	2.72	0.60	1.82	1	1.63	2.97
Separador por gravedad de semillas Haide APM-5XZ	1.65	1.43	1.71	1	2.35	4.02
Transportador de tornillo HAIHUI (triturado)	2.30	0.60	1.42	1	1.38	1.96
Triturador universal DAYONG-30B	0.75	0.60	1.26	1	0.45	0.57
Prensadora de aceite de tornillo MIKIM-6YL-170	2.84	2.60	2.26	1	7.38	16.69
Transportador ajustable MIKIM-TLSC100X3500	3.50	0.50	3.23	1	1.75	5.65
Gran extractor DTWZ-D-2	4.12	8.75	6.25	1	36.05	225.31
Bomba helicoidal doble tornillo HYGHSPIN-70H	0.61	0.20	0.27	3	0.37	0.10
Filtro de aceite centrifugo MIKIM-MIK50	0.75	0.50	0.95	1	0.38	0.36
Máquina llenadora automática VIRO-DSC100-02	1.22	3.72	1.80	1	4.54	8.17
Aire acondicionado innovair -VIN414CV32	0.72	0.50	0.27	2	0.72	0.19
Tanque de almacenamiento de hexano ZONBO-ST4000	1.66	1.66	3.20	1	2.74	8.78
Tanque de almacenamiento de pulpa ZONBO-ST4000	1.66	1.66	3.20	1	2.74	8.78
					106.64	396.59

Distribución	Personal	Norma (m2/personal)	Área (m2)
Superficie libre	21	2	42.00
Equipos de procesos			106.64
Área de distribución			580.36
			729.00
Superficie requerida			729.00

Superficie requerida en el área de producción	
Área de planeación y supervisión de producción	41.73
Área de proceso de producción	729.00
Bodega de EPP (Equipo de Protección Personal)	16.64
Bodega de mantenimiento	31.27
	818.64

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo de las diferentes zonas que conforman el área de producción. *Elaboración propia.*

Figura A.15: Cálculo del área de control de calidad requerida

Superficie requerida para el área de control de calidad						
Mobiliario y equipos del laboratorio	Dimensiones			Cantidad	Área (m2)	Volumen (m3)
	Largo	Ancho	Alto			
Análizador de humedad	0.17	0.13	0.28	1	0.02	0.01
Viscosímetro	0.37	0.33	0.28	1	0.12	0.03
Incubadora microbiológica	0.38	0.45	0.48	1	0.17	0.08
Cromatógrafo de gases (FID)	0.80	0.57	0.65	1	0.46	0.30
Balanza analítica	0.51	0.41	0.37	1	0.21	0.08
Campaña extractora de laboratorio	1.80	0.85	2.35	1	1.53	3.60
Aire acondicionado	0.72	0.50	0.27	1	0.36	0.10
Microscopio	0.38	0.33	0.50	1	0.13	0.06
Mesa de acero inoxidable	0.61	1.24	0.98	2	1.51	1.48
				4.50		5.73

Distribución	Personal	Norma (m2/personal)	Área (m2)
Oficina	1	4	4.00
Zona común	3	3	9.00
Superficie libre	3	2	6.00
Superficie libre laboratorio	3	2	6.00
Mobiliario y equipo			4.20
Mobiliario y equipo laboratorio			4.50
Bodega de insumo de laboratorio			6.00
			39.70
Superficie requerida total del área de control de calidad			39.70

Mobiliario y equipos	Dimensiones			Cantidad	Área (m2)	Volumen (m3)
	Largo	Ancho	Alto			
Banco cromado	0.32	0.32	0.46	3	0.31	0.14
Estante de laboratorio	0.24	0.50	0.80	3	0.35	0.28
Extintor	0.15	0.15	0.43	2	0.04	0.02
Mesa para cafetera	0.40	0.40	0.51	1	0.16	0.08
Escritorio	0.43	1.20	0.94	1	0.52	0.49
Silla de oficina	0.66	0.64	1.25	4	1.69	2.11
Aire acondicionado	0.72	0.50	0.27	1	0.36	0.10
Mesa común	1.10	0.70	0.76	1	0.77	0.59
				4.20		3.81

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo de las diferentes zonas que conforman el área de control de calidad. *Elaboración propia.*

Figura A.16: Cálculo del área administrativa-financiera requerida

Superficie requerida para el área administrativa-financiera						
Mobiliario y equipos	Dimensiones			Cantidad	Área (m2)	Volumen (m3)
	Largo	Ancho	Alto			
Escritorio	0.43	1.20	0.94	8	4.13	3.88
Silla de oficina	0.66	0.64	1.25	22	9.29	11.62
Mesa para cafetera	0.40	0.40	0.51	3	0.48	0.24
Mesa para conferencia	1.20	0.60	0.75	1	0.72	0.54
Impresora	0.49	0.21	0.46	2	0.21	0.09
Archivero	0.41	0.91	1.65	6	2.23	3.68
Aire acondicionado	0.72	0.50	0.27	6	2.16	0.58
Extintor	0.15	0.15	0.43	3	0.07	0.03
Dispensador de agua	0.39	0.36	1.12	2	0.28	0.31
				19.56		20.98

Distribución	Personal	Norma (m2/personal)	Área (m2)
Oficinas	8	4	32.00
Zona común	22	3	66.00
Superficie libre	22	2	44.00
Mobiliario y equipos			19.56
			161.56
Superficie requerida			161.56

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo del área administrativa-financiera. *Elaboración propia.*

Figura A.17: Cálculo del área de comercio requerida

Superficie requerida para el área de comercio						
Mobiliario y equipos	Dimensiones			Cantidad	Área (m2)	Volumen (m3)
	Largo	Ancho	Alto			
Escritorio	0.43	1.20	0.94	4	2.06	1.94
Silla de oficina	0.66	0.64	1.25	4	1.69	2.11
Mesa para cafetera	0.40	0.40	0.51	1	0.16	0.08
Impresora	0.49	0.21	0.46	1	0.10	0.05
Archivero	0.41	0.91	1.65	4	1.49	2.45
Aire acondicionado	0.72	0.50	0.27	2	0.72	0.19
Extintor	0.15	0.15	0.43	1	0.02	0.01
Dispensador de agua	0.39	0.36	1.12	1	0.14	0.15
				6.38		6.99

Distribución	Personal	Norma (m2/personal)	Área (m2)
Oficina	4	4	16.00
Zona común	4	3	12.00
Superficie libre	4	2	8.00
Mobiliario y equipos			42.38
			42.38
Superficie requerida			42.38

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo del área de comercio. *Elaboración propia.*

Figura A.18: Cálculo del área de recursos humanos requerida

Superficie requerida para el área de recursos humanos						
Mobiliario y equipos	Dimensiones			Cantidad	Área (m2)	Volumen (m3)
	Largo	Ancho	Alto			
Escritorio	2.00	1.20	0.94	2	4.80	4.51
Silla de oficina	2.00	0.64	1.25	2	2.56	3.20
Mesa para cafetera	0.40	0.40	0.51	1	0.16	0.08
Impresora	0.49	0.21	0.46	1	0.10	0.05
Archivero	0.41	0.91	1.65	3	1.11	1.84
Aire acondicionado	0.72	0.50	0.27	1	0.36	0.10
Extintor	0.15	0.15	0.43	1	0.02	0.01
Dispensador de agua	0.39	0.36	1.12	1	0.14	0.15
				9.26		9.94

Distribución	Personal	Norma (m2/personal)	Área (m2)
Oficina	2	4	8.00
Zona común	2	3	6.00
Superficie libre	2	2	4.00
Mobiliario y equipos			9.26
			27.26
Superficie requerida			27.26

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo del área de recursos humanos. *Elaboración propia.*

Figura A.19: Cálculo del área de comedor/casillero requerida

Superficie requerida para el área de comedor/casillero						
Mobiliario y equipos	Dimensiones			Cantidad	Área (m ²)	Volumen (m ³)
	Largo	Ancho	Alto			
Mesa rectangular para 8 persona	2.41	0.74	0.76	6	10.66	8.13
Silla plásticas apilables	0.57	0.49	0.81	48	13.39	10.81
Refrigeradora	0.60	0.55	1.50	1	0.33	0.50
Mesa para cafetera y demás utensilios	0.40	0.40	0.51	4	0.64	0.33
Dispensador de agua fría y caliente	0.39	0.36	1.12	3	0.42	0.46
Casilleros	0.23	0.59	0.89	2	0.27	0.24
Armario	0.39	1.08	0.80	3	1.25	1.00
Extintor	0.15	0.15	0.43	1	0.02	0.01
					26.98	21.48

Distribución	Personal	Norma (m ² /persona)	Área (m ²)
Zona común	36	3	108.00
Superficie libre	36	2	72.00
Mobiliario y equipos			26.98
Superficie requerida			206.98

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo del área de comedor/casillero. *Elaboración propia.*

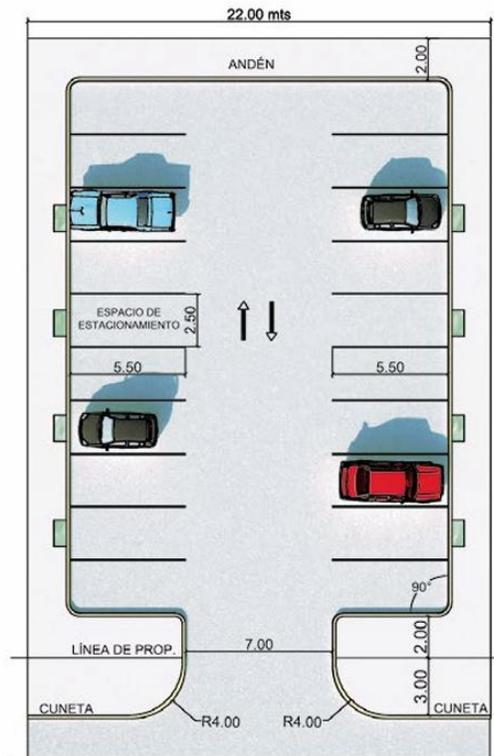
Figura A.20: Cálculo del área de servicios sanitarios requerida

Superficie requerida para el área de servicios sanitarios			
Distribución	Personal	Norma (m ² /persona)	Área (m ²)
Inodoro y lavamanos mujeres	3	3	9.00
Superficie libre mujeres	6	2	12.00
Inodoro y lavamanos hombres	3	3	9.00
Superficie libre mujeres hombres	6	2	12.00
			42.00

Superficie requerida en el área de servicios sanitarios y limpieza	
Área de servicios sanitarios	42.00
Bodega de herramientas e insumos de limpieza	16.60
	58.60

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo de las diferentes zonas que conforman el área de servicios sanitarios y limpieza. *Elaboración propia.*

Figura A.21: Dimensiones mínimas de estacionamiento en ángulo de 90°



Nota. La figura muestra el gráfico del estacionamiento en ángulo de 90° utilizando como referencia para determinar el área del estacionamiento requerida en la planta extractora. Tomado de la Cartilla Urbanística para el Municipio de Managua (p.108) por (Alcaldía de Managua, 2021).

Figura A.22: *Cálculo del área de estacionamiento requerida*

Superficie requerida para el área de estacionamiento	
Dimensiones mínimas de estacionamiento en ángulo de 90°	
Ancho para 20 vehículos (m)	22
Longitud para 20 vehículos (m)	32
Área requerida para 20 vehículos (m ²)	704
Área requerida para 40 vehículos (m ²)	1408
Área requerida para el estacionamiento	1,408.00

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo del área de estacionamiento. *Elaboración propia.*

Figura A.23: *Gastos de venta*

Gastos de venta	
Concepto	Costo (\$)
Gerente de comercio	5810.64
Vendedor	7257.69
Encargado de marketing	3474.50
Conductor	2997.44
Mantenimiento del vehículo	1334.00
Combustible del vehículo	4005.20
Total	24879.47

Nota: Los cálculos fueron realizados en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Figura A.24: *Costos de materia prima antes del primer ingreso*

Concepto	Cantidad requerida (kg/d)	Cantidad requerida (u/d)	Costo unitario (\$)	Costos antes del ingreso
Maracuyá	8656.41	51760.40	0.05	77640.61
Concepto	Cantidad requerida (L/mes)	Cantidad requerida (g/mes)	Costo (\$/g)	Costos antes del ingreso
Hexano	5696.55	1504.87	93.83	141201.86

Nota: Los cálculos fueron realizados en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Figura A.25: *Sacos de frutos de maracuyá adquiridos para la parte experimental*



Elaboración propia.

Figura A.26: Resultado prueba piloto con metanol como solvente



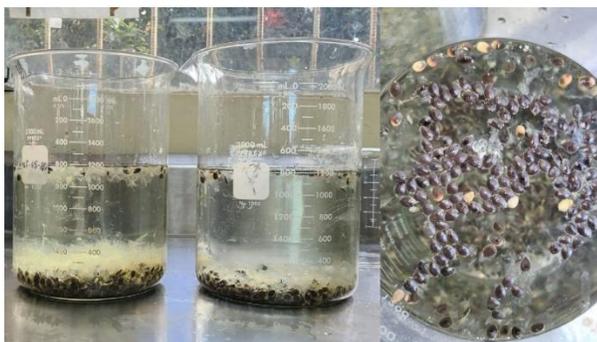
Elaboración propia.

Figura A.27: Muestra de los frutos de maracuyá tomado del lote comprado



Nota. La figura presenta los frutos de maracuyá clasificados por tamaño grande (A) y mediano (B), así como la muestra completa de 12 frutos (C). *Elaboración propia.*

Figura A.28: Limpieza de las semillas por inmersión en un tanque de flotación



Elaboración propia.

Figura A.29: *Humedad de las semillas después del proceso de limpieza*



Elaboración propia.

Figura A.30: *Preparación de las semillas de maracuyá para el proceso de secado*



Nota. La figura presenta el peso total de las semillas utilizadas para evaluar los ocho tratamientos (A), el proceso de limpieza por inmersión (B) y el peso de las semillas húmedas después del proceso de limpieza (C). *Elaboración propia.*

Figura A.31: *Humedad de las semillas secas a las dos condiciones de secado*



Nota. La figura presenta el contenido de humedad de las semillas después del proceso de secado a 60°C durante 4 horas (A) y a 40°C durante 12 horas (B). *Elaboración propia.*

Figura A.32: Semillas antes y después del proceso de secado



Nota. La figura muestra una de las bandejas con semillas secas (A) y semillas húmedas (B) ante y después del proceso de secado. *Elaboración propia.*

Figura A.33: Semillas trituradas para los tratamientos 1 y 3



Elaboración propia.

Figura A.34: Relación material-disolvente a nivel experimental

Relación material-disolvente a nivel experimental					
Solvente	Solvente (ml)	Semillas (g)	Densidad solvente (g/ml)	Solvente (g)	Relación
Hexano al 95%	110.00	36.00	0.65	71.17	1/2
Éter de petróleo	110.00	36.00	0.63	69.63	1/2

Nota. La figura muestra las tablas de resultados elaboradas en Microsoft Excel para el cálculo de la relación material-disolvente (g de semillas/g de solvente). Las densidades de los disolventes fueron determinadas experimentalmente en el laboratorio. *Elaboración propia.*

Figura A.35: *Extractor Soxhlet Gerhardt EV6 A11/16 utilizado en la parte experimental*



Elaboración propia.

Figura A.36: *Rotavapor marca Büchi modelo B-480 utilizado en la parte experimental*



Elaboración propia.

Figura A.37: *Proceso de extracción por solvente del tratamiento 2 (réplica 1)*



Nota. En la figura se muestra las etapas del proceso de extracción: el funcionamiento del extractor Soxhlet (A), la mezcla obtenida tras cuatro horas de extracción (B), la recuperación del solvente mediante el rotavapor (C) y el aceite bruto total obtenido después de evaporar el solvente remanente en el horno (D). Este procedimiento se aplicó en todas las corridas del diseño experimental.
Elaboración propia.

Figura A.38: *Harina residual del proceso de extracción Soxhlet*



Nota. La figura muestra la harina residual de extracción, que corresponde a la masa de semillas con solvente remanente retenida en el cartucho de extracción de extracción al finalizar el proceso. *Elaboración propia.*

Figura A.39: *Proceso de filtrado del aceite bruto del tratamiento 1 (réplica 2)*



Nota. La figura muestra el sistema de filtrado empleado para refinar el aceite de semilla de maracuyá. Este procedimiento se aplicó en todas las corridas del diseño experimental. *Elaboración propia.*

Figura A.40: *Aceite de semilla de maracuyá extraído con hexano al 95%*



Nota. La figura muestra el aceite extraído en la réplica 1 (B) y réplica 2 (A) del tratamiento 1, así como en la réplica 1 (C) y réplica 2 (D) del tratamiento 2. *Elaboración propia.*

Figura A.41: *Aceite de semilla de maracuyá extraído con éter de petróleo*



Nota. La figura muestra el aceite extraído en la réplica 1 (A) y réplica 2 (B) del tratamiento 3, así como en la réplica 1 (C) y réplica 2 (D) del tratamiento 4. *Elaboración propia.*

Figura A.42: *Aceite de semilla de maracuyá extraído en la parte experimental*



Nota. La figura muestra, en el lado derecho, el aceite extraído a 60 °C correspondiente a las réplicas de los tratamientos 2 y 4, mientras que en el lado izquierdo se presenta el aceite extraído a 40 °C de las réplicas 1 y 3. *Elaboración propia.*

Figura A.43: *Medición de la densidad del aceite de semilla de maracuyá*



Nota. La figura muestra el peso del picnómetro con aceite correspondiente a la segunda medición de la densidad del aceite extraído adicionalmente con hexano al 95 % como disolvente. *Elaboración propia.*

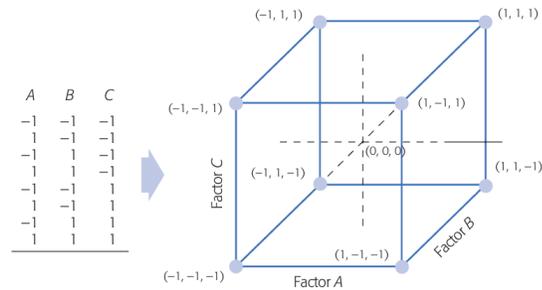
Figura A.44: Ecuación de regresión del diseño factorial 2^k

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\text{Rendimiento (\%)} = 10.476 + 0.554 A - 0.775 B - 10.476 C - 0.061 A*B - 0.554 A*C + 0.775 B*C + 0.061 A*B*C$$

Nota. La figura fue generada en Minitab 19. *Elaboración propia.*

Figura A.45: Ecuación de regresión del diseño factorial 2^k



Tomado de *Análisis y diseño de experimentos* por (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008, pág. 184).

11.2. Anexo B: Tablas

Tabla B.1: *Temperatura media, máxima y mínima por mes en Nicaragua*

Mes	Temperatura media, mínima y máxima en °C								
	Región del Pacífico			Regiones del Norte y Central			Regiones Autónomas de la Costa Caribe		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media
Enero	38,0	18,6	26 a 30	35,4	14,2	20 a 26	31,5	20,5	24 a 28
Febrero	36,6	18,0	26 a 28	33,6	13,9	18 a 26	30,0	20,0	24 a 28
Marzo	37,6	18,5	26 a 28	35,0	13,4	20 a 26	31,0	19,0	24 a 28
Abril	38,8	19,5	26 a 30	35,4	16,0	22 a 28	31,0	21,8	26 a 28
Mayo	38,8	18,6	28 a 30	36,6	16,0	22 a 30	32,3	21,2	28 a 30
Junio	36,5	19,9	28 a 30	36,5	17,0	22 a 28	35,7	20,5	26 a 30
Julio	37,5	19,9	26 a 30	35,6	17,0	22 a 26	34,0	20,5	26 a 30
Agosto	37,4	20,5	26 a 30	36,8	17,2	22 a 28	33,2	21,6	28 a 30
Septiembre	36,6	20,0	28 a 30	36,8	17,2	22 a 26	33,3	22,5	26 a 30
Octubre	34,8	20,0	26 a 28	36,4	17,0	22 a 26	34,6	22,9	26 a 30
Noviembre	25,0	23,0	26 a 28	33,6	22,8	20 a 26	33,2	22,0	26 a 28
Diciembre	36,0	17,0	26 a 28	34,4	11,5	20 a 26	31,6	19,7	24 a 28

Nota. En la tabla se recopilan las temperaturas medias, máxima y mínima registradas de forma mensual por INATER en el año 2023 exceptuando el mes de enero cuyos registros corresponde al año 2024 y para el mes de abril se consideró los registros de la primera decena del año 2023. Datos tomados de (INETER, 2023).

Tabla B.2: *Composición de escualeno y esteroides promedio en aceite de semilla de maracuyá*

Composición de escualeno y esteroides promedio	
Compuesto	Concentración (mg/mL)
Escualeno	11,13
Campesterol	0,78
Estigmasterol	2,43
β -sitosterol	2,58
Lanosterol	0,58
Esteroides Totales	6,36

Tomado de *Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (Passiflora edulis Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO₂ supercrítico* (p.132) por (Pantoja Chamorro et al., 2017)

Tabla B.3: *Actividad antioxidante del aceite de semilla de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa)*

Actividad antioxidante		
DPPH _{rem} (%)	EC ₅₀ (g aceite/g [DPPH*])	EAR ($\times 10^{-2}$)
48,00	10,62	9,42

Tomado de *Yellow Passion Fruit Seed Oil (Passiflora edulis f. flavicarpa): Physical and Chemical Characteristics* (p.184) por (Malacrida & Jorge, 2012)

Tabla B.4: Precio de los productos de competencia en diferentes puntos de ventas en el municipio de Managua

Establecimiento	Marca	Producto	Presentación (mL)	Precio (C\$)	Precio (U\$)	Detalle
La colonia	PANTENE	Hydrocrema	300	187,25	5,11	Producto para el cabello rizo
	Sedal	Crema p/peinar	300	117,00	3,19	Producto para el cabello rizo
	Head&shoulders	Crema p/peinar	300	209,75	5,73	Producto para el cabello
	NIVEA	Crema facial	100	182,75	4,99	Anti arruga
	Lubriderm	Crema familiar	750	968,50	26,45	Ayuda a evitar arrugas, manchas y quemaduras solares.
	NIVEA	Crema para hombre	150	150,25	4,10	
	L'Oréal	Crema facial	50	940,00	25,67	Hidratación antiarrugas
La Unión	PANTENE	Crema p/peinar	300	128,00	3,50	Restauración
	BioLand	Crema p/peinar	300	230,00	6,28	Producto para el cabello
	Sedal	Crema p/peinar	300	93,00	2,54	Para el cabello ácido hialuronato y vitamina C/ queratina
	KATVA	Gotas de argán	60	260,00	7,10	Para el cabello
	L'Oréal	Crema facial	50	780,00	21,30	Cuidado de noche facial, hidratante rellenedor
	GARNIER	Sérum facial	30	620,00	16,93	Anti imperfecciones, anti manchas.
	NIVEA	Crema facial reparadora	50	895,00	24,44	
Walmart	GARNIER	Sérum facial	30	1 030,00	28,13	Anti manchas, aclaradora, vitamina C
	L'Oréal	Sérum facial	30	1 469,00	40,11	Anti arrugas
	POND'S	Crema facial	100	118,00	3,22	Aclarante
	NIVEA	Sérum facial	30	1 223,00	33,40	Anti manchas
	POND'S	Crema facial	100	149,00	4,07	Rejuvenecedora
	GARNIER	Serum facial	30	802,00	21,90	Anti manchas
	GARNIER	Crema de ojos	15	450,00	12,29	Anti ojeras
GARNIER	Crema facial	50	422,00	11,52	Anti manchas	
POND'S	Crema facial	100	124,00	3,39	Aclarante	
Teatrical	Crema facial	100	90,00	2,46	Humectante	
L'Oréal	Sérum de ojos	20	1 083,00	29,57	Acido hialuronico y cafeína	
Cicatricure	Crema facial	30	466,00	12,73	Anti arrugas	
Babaria	Sérum facial	30	663,00	18,10	Acido hialuronico ultra hidratante	

Nicaragua SkinCare Co	The ordinary	Sérum facial	30	600,00	16,38	Acido salicílico 2%, Niacinamida, Acido hialuronico, Retinol,
	The ordinary		240	900,00	24,58	Acido glicólico
Skincare and shine	The ordinary	Sérum facial	30	732,40	20,00	Peeling solution, Caffeine solution, Niacinamida, Acido hialuronico
	CeraVe	Crema facial	150	988,74	27,00	Crema limpiadora, antiacné
	Ushas	Sérum facial	30	220,00	6,01	
Fama Valué	Sakil	Sérum para ojos	15	869,14	23,73	Contorno de ojos acido hialuronico
	Cetopic	Sérum facial	30	1 275,65	34,83	Vitamina C
Farmacia medco/Xolotlán	Eucerin		30	1 169,60	31,94	Anti pigmento
	Liposomal	Sérum facial	30	2 608,70	71,24	Antienvjecimiento
	Liposomal		30	2 708,70	73,97	Despigmentante
	CETOPIC		30	1 290,04	35,23	Vitamina C
Rapi Farma	Arte Natural	Sérum facial	60	385,00	10,51	-
Farmacia Kielsa	Liposomal	Sérum facial	30	3 678,61	100,45	-
	Liposomal		30	2 856,95	78,02	Protección FCO

Nota: Todos los productos se indagaron en las páginas web de los respectivos establecimientos y según el BCN, 1 USD= 36.62 córdobas. *Elaboración propia.*

Tabla B.5: Clasificación de las alternativas de terrenos según los factores de localización

Factor	Calificación	
	Terreno I	Terreno II
Disponibilidad de servicios públicos	Las redes de distribución de energía eléctrica son proporcionadas por la empresa ENATREL. El suministro de agua potable proviene del pozo de Villa Chiguatillo, y los servicios de internet están disponible a través de la empresa Tigo y Claro, además de contar con cobertura de telecomunicaciones proporcionado por TELCOR. Se califico con 8 debido a la necesidad de adecuaciones por su distancia al centro de Sébaco.	La propiedad cuenta con su propio pozo de agua. Respecto a los servicios de electricidad y comunicación, estos pueden ser suministrados por empresas como ENATREL, Tigo y Claro; sin embargo, es necesario invertir en acondicionamiento para acceder a dichos servicios, debido a que le terreno se encuentra en las afueras del municipio de Matagalpa. Por esta razón, se le asigno una calificación de 6 .
Topografía del suelo	El terreno es completamente plano (nivelado). Se le asigno una calificación de 9 , ya que es necesario remover los árboles y plantas presentes en la propiedad.	El terreno tiene una topografía irregular, por lo que se le asigno una calificación de 3 . Debido a pendiente del terreno se estimó que la inversión necesaria para su nivelación es considerable y supera el costo del propio terreno.
Vías de acceso	El terreno se encuentra frente a una carretera sin pavimentar y de topografía plana, con conexión directa a la intersección de la carretera Panamericana Norte. Esta ubicación facilita la logística de transporte del producto y el abastecimiento de la materia prima. Se asignó una calificación de 7 , debido a que existe una distancia de 3 km entre el terreno y las carreteras principales, será necesario un recorrido adicional para el transporte del	El terreno tiene dos vías de acceso, ambas con topografía irregular que dificulta la circulación de los vehículos, lo que genera un mayor desgaste, así como retrasos en la logística de producción y transporte. Debido a estas condiciones, se le asignó una calificación de 5 , ya que representaría una inversión significativa en infraestructura vial.

Disponibilidad de mano de obra	<p>personal. Además, algunas zonas requieren mejoras en la infraestructura vial. Sébaco cuenta con 18 instituciones educativas, una escuela técnica y la universidad UNICAM Chiguitillo, lo que asegura disponibilidad de mano de obra capacitada. La localidad cuenta con 292 trabajadores no remunerados y 20 temporales, lo que representa una disponibilidad aceptable de mano de obra. Además, las vías de acceso favorecen el reclutamiento de empleados de municipios cercanos de Matagalpa. Se asignó una calificación de 8, dado que, aunque hay una oferta laboral, será necesario capacitar al personal en áreas específicas.</p>	<p>El municipio de Matagalpa cuenta con 87 instituciones educativas, 5 escuelas técnicas y 9 universidad, lo que asegura la disponibilidad de mano de obra capacitada en todas las áreas requeridas. En la localidad, hay 318 trabajadores temporales y 298 no remunerados, lo que refleja una alta disponibilidad de mano de obra. Debido a estas condiciones, se le asignó una calificación de 10.</p>
Proximidad a la materia prima	<p>Se asignó una calificación de 7, ya que el terreno se encuentra a 37.2 km de San Ramón (proveedor principal de la planta) a aproximadamente 1 hora y 4 minutos de distancia. Esta proximidad es adecuada, no representa un riesgo significativo para la pérdida por deterioro de la materia prima y el costo de transporte es aceptable.</p>	<p>El terreno se encuentra a 9 km de San Ramón a aproximadamente 21 minutos de distancia. Esta proximidad es óptima para el transporte seguro de la materia prima, lo que permite conservar su calidad y genera bajos costos de transporte. Por lo tanto, se le asignó una calificación de 10.</p>
Accesibilidad al mercado	<p>El terreno se encuentra a 113 km del municipio de Managua, que es el mercado meta, a una distancia aproximada de 2 horas y 10. Se asignó una calificación de 8, debido a que la proximidad al mercado meta y los costos de transporte son adecuados.</p>	<p>En el terreno se encuentra a 135 km del mercado meta, a una distancia de 2 horas y 30 minutos. Se asignó una calificación de 7, ya que la proximidad al mercado meta y los costos de transporte podrían ser más favorables.</p>
Costo del terreno	<p>El terreno tiene un precio de U\$ 1.49 por m², lo que representa una inversión de bajo costo. Se asignó una calificación de 9, ya que es un precio competitivo en relación a las ventajas que ofrece.</p>	<p>El terreno tiene un precio de U\$ 2.78 por m², lo que podría representar una buena inversión. Sin embargo, se le asignó una calificación de 7, ya que no ofrece una relación beneficio-costos favorable.</p>

Nota. La información fue tomada de Cartografía Digital y Censo de Edificaciones para la cabecera municipal de Sébaco y Matagalpa por (Banco Central de Nicaragua, 2017). *Elaboración propia*

Tabla B. 6: Días feriados nacionales obligatorios

No	Motivo	Fecha
1	Año Nuevo	01 de enero
2	Semana Santa	Jueves santo
3	Semana Santa	Viernes santo
4	Día internacional del Trabajador	01 de mayo
5	Revolución Popular Sandinista	19 de Julio
6	Batalla de San Jacinto	14 de septiembre
7	Día de la Independencia	15 de septiembre
8	Día de la Inmaculada Concepción de la Virgen María	08 de diciembre
9	Navidad	25 de diciembre

Nota. En la tabla se presentan los días feriados nacionales obligatorios en Nicaragua con derecho a descanso y salario, reglamentado en el artículo 66 de la LEY NO.185 del Código del trabajo referente a las jornadas de trabajo, descansos, permisos y vacaciones (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 1996). *Elaboración propia.*

Tabla B.7: Plan de mantenimiento de la planta

Tipo de mantenimiento	Descripción del mantenimiento	Frecuencia anual	Duración (días)	Días totales
Preventivo	Inspección, limpieza, lubricación y ajustes menores.	Mensual (12)	1	12
Preventivo, Predictivo	Inspección detallada y reparación o reemplazo de piezas averiadas.	Cuatrimestral (3)	2	6
Correctivo, Preventivo	Revisión, reparación y/o sustitución de componentes críticos, limpieza profunda, y pruebas funcionales.	Anual (1)	4	4
Correctivo	Fallas inesperadas o reparaciones urgentes.	Contingencia	2	2
Tiempo total de paro de la planta por mantenimiento				24

Nota. En la tabla se presentan los días de mantenimiento necesario para asegurar la disponibilidad de los equipos e instalaciones industriales de la planta, para obtener un rendimiento óptimo del proceso productivo. *Elaboración propia.*

Tabla B.8: Equipos del laboratorio del área de calidad e hidrolavadora

Equipo	Cantidad	Dimensión (m)			Consumo energético (kW)	Precio (U\$)
		Largo	Ancho	Alto		
Hidrolavadora eléctrica Ducati	1	0.27	0.34	0.42	1.4	226.04
Analizador de humedad OHAUS-MB23	1	0.17	0.13	0.28	0.45	855.94
Viscosímetro GOYOJO-NDJ-5S	1	0.37	0.33	0.28	0.0048	472.49
Balanza analítica Hanchen	1	0.51	0.41	0.37	0.004	399.95
Incubadora microbiológica VEVOR-20L-PYX	1	0.51	0.41	0.37	0.40	201.99
Microscopio Ultramed-XSZ-107BN	1	0.38	0.33	0.50	0.02	687.07
Cromatógrafo de gases (FID) AIYI-AHF900	1	0.80	0.57	0.65	1.50	2,618.79
Campana extractora de laboratorio Foshanyingde-AF-01	1	1.80	0.85	2.35	1.20	1,108.47

Nota. La información técnica de los equipos enlistados se obtuvo de páginas web como SINSIA, Alibaba, ebay, Medimax y Amazon. La hidrolavadora Ducatitiene tiene una capacidad de 390 L/h. *Elaboración propia.*

Tabla B.9: Equipos utilizados en el laboratorio para la parte experimental

Equipo	Marca	Modelo
Extractor Soxhlet	Gerhardt	EV6 A11/16
Rotavapor	Büchi	B-480
Enfriador de recirculación	Fisher Scientific	1016S
Analizador de humedad	Sartorius	MA 150
Balanza analítica	Sartorius	LE6202S
Licuadora	Vitamix	5085 Barboss advance
Horno	Fisher Scientific	825F
Horno	Fisher Scientific	737F

Elaboración propia.

Tabla B.10: *Utensilios y materiales utilizados en el laboratorio para la parte experimental*

Tipo	Cantidad
Materia prima	✓ 36 g de semilla de maracuyá por tratamiento
Reactivos	✓ 110 ml de hexano 95% por tratamiento
	✓ 110 ml de éter de petróleo por tratamiento
	✓ 8 vaso de precipitado de 80 ml
	✓ 8 vaso de precipitado de 1 000 ml
	✓ 8 balón de ebullición de 250 ml
	✓ 1 picnómetro de 25 ml
Utensilios	✓ 16 cartuchos de extracción (Schleicher & Schuell)
	✓ 5 cápsula de aluminio
	✓ 2 bandejas de aluminio
	✓ 1 probeta de 1 000 ml
	✓ Caja de papel filtro de 125 mm ø (Whatman No 1)
	✓ 1 colador de malla
	✓ 2 embudos
	✓ 8 botellas de vidrio
✓ 8 base soporte para balones	

Elaboración propia.

Tabla B.11: *Composición de semillas y pulpa remanente a nivel experimental e industrial*

Rendimiento	Experimental		Industrial	
	Peso (g)	Composición (%)	Peso (g)	Composición (%)
Semillas con pulpa remanente	231,33	100,00%	92,53	100,00%
Semillas secas total (vanas y sanas)	72,90	31,51%	72,90	78,78%
Pulpa remanente	158,43	68,49%	19,63	21,22%

Nota. La tabla muestra la composición de la corriente de entrada al proceso de limpieza de semillas para la remoción de pulpa remanente, con datos obtenidos a nivel de laboratorio y su proyección a nivel industrial, considerando un aumento del 60% en la eficiencia de separación de semillas y pulpa en el despulpador. *Elaboración propia.*

Tabla B.12: *Punto de ebullición de los solventes empelados en la parte experimental*

Solvente	Punto de ebullición (°C)	Ajuste de temperatura en el rotavapor (°C)
Hexano al 95%	68,73	60
Éter de petróleo	35-60	40

Nota. Dado que la evaporación del solvente en el rotavapor se realizó al vacío, la temperatura de ebullición ajustada en el equipo fue menor. Para el hexano, el punto de ebullición fue tomado de (labKem, 2022, pág. 6). En el caso de éter de petróleo, se tomó como referencia el punto inicial de ebullición de 44°C, según (CARLO ERBA, 2023, pág. 7). *Elaboración propia.*

Tabla B.13: Coeficientes de determinación del modelo factorial 2^k

S	R ²	R ² (ajustado)	R ² (predeterminando)
0,505586	99,89%	99,79%	99,54%

Nota. Los resultados del coeficiente de determinación indican que el modelo explica el 99,79% de la variabilidad en el rendimiento de extracción observado en los experimentos. Los datos fueron obtenidos en Minitab 19. *Elaboración propia.*

Tabla B.14: Datos experimentales tomados para el proceso a nivel industrial

Tratamiento 2	Rendimiento (%)	Composición aceite bruto (%)		Composición hexano (%)	
		Aceite filtrado	Impureza	Miscela	Harina
Réplica 1	24,32%	91,53%	8,47%	71,22%	28,78%
Réplica 2	23,14%	90,75%	9,25%	75,27%	24,73%
Valor tomado	23,73%	95,19%	4,81%	73,24%	26,76%

Nota. El valor tomado se calculó promediando los resultados experimentales de las dos réplicas del tratamiento 2. En el caso del filtrado, se consideró que, a nivel industrial, la eficiencia de la extracción por solvente y prensado aumenta, reduciendo el porcentaje de impureza en un 45,7%. Por esto, se asumió un 54,3% de impurezas en el proceso industrial. *Elaboración propia.*

Tabla B.15: Información de los equipos del proceso

Equipo	Marca	Modelo	Datos fabricante	Imagen
Balanza industrial	Yoahua	rampa	+51 958 030 083 – WhatsApp Ventas@balanzasprecisur.com	
Cámara frigorífica de refrigeración	MONKFRI	MAS340T485E	96 111 87 48 info@camarasfrigorificass.es	
Volcador de palets para cajas con fruta	PBT	1000MG	Tel 1: +420-737-241-269 https://eshop.czechminibreweries.com	
Mesa de clasificación con cinta transportadora	FSC	6000MG	Tel 2: +420-732-217-950 https://eshop.czechminibreweries.com	
Lavadora de burbujas para frutas y verduras	GELGOOG	GG-XQ4000	+86-185 3990 6029 Info1@gelgoog.com	
Transportador inclinado con tolva	DORNER	Personalizado	(800) 397-8664 (262) 367-7600 info@dorner.com	
Máquina separadora de semillas, cáscara y pulpa de maracuyá	GELGOOG	GG-5	+86-185 3990 6029 Info1@gelgoog.com	
Transportador de tornillo	HAIHUA	Personalizado	http://www.haihuajixie.com/	
Lavadora de semillas industrial	QDMECH	YXM-500	+86 189 3953 5088 hnchanda@hotmail.com	
Horno de secado con circulación de aire caliente	KR	KR-C-192	+86 13071710826 – WhatsApp info@krugermachinery.com	
Separador por gravedad de semillas	Haide APM	5XZ	+86 311-85376357 – Teléfono info@apmsino.com	

Triturador universal	DAYONG	3OB	http://www.vibratingscreen.cc/	
Máquina prensadora de aceite de tornillo	MIKIM	6YL-170	+8619913726068 – WhatsApp venta@mikimoilpress.com	
Transportador ajustable	MIKIM	TLSC100X3500	+86 18808115981 gxoilpress04@gx-yj.com	
Gran extractor	RUIAN	DTWZ-D-2	WhatsApp: +86 139 5889 7272 Tom1234789@163.com	
Bomba helicoidal de huesillo	HYGHSPIN	70H	Tel.: +49 4101 7958-140 info@jung-process-systems.de	
Filtro de aceite centrífugo	MIKIM	MK50	+8619913726068 – WhatsApp venta@mikimoilpress.com	
Máquina llenadora automática	VIRO	VIRO-DSC100-02	https://adb38d9dd56fa810.en.made-in-china.com	
Aire acondicionado	innovair	VIN414C1V32	84171460 info@electrofrioni.com	

Nota. La información sobre los equipos se obtuvo de páginas web oficiales y fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes. Las fuentes consultadas se encuentran debidamente referenciadas en la lista de bibliografía. *Elaboración propia.*

Tabla B.16: Información de los equipos de manipulación

Equipo	Marca	Modelo	Datos fabricante	Imagen
Paleta de plástico apilable con ventilación de rejilla	ENL	ENL-1210	+86 176 8575 2793 – WhatsApp Sales30@icnplast.com	
Carrito tipo tolva	ULINE	H-4186	686-551-777 – WhatsApp servicioclientes@uline.com	
Tanque de almacenamiento	ZONBO	ST4000	http://www.zonbo.cc http://www.wz-jiangbo.com	
Carro de transporte con 2 paredes frontales	FORDEMAND	MTTFR1265	(+351) 223 744 090 info@fordemand.es	
Estantería metálica	Esmelux	110901	660 061 676 – WhatsApp esmelux@esmelux.com	
Escalera con ruedas	Esmelux	SG	900 102 920 – Teléfono esmelux@esmelux.com	
Estantería de almacenamiento	OCASAMI	-	https://www.ebay.com	

Nota. La información sobre los equipos se obtuvo de páginas web oficiales y fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes. Las fuentes consultadas se encuentran debidamente referenciadas en la lista de bibliografía. *Elaboración propia.*

Tabla B.17: Información de envases y embalaje

Equipo	Marca	Modelo	Datos fabricante	Imagen
Botella de aceite esencial	WXWanrong	30 mL y 50 mL	0510-83575088 steven@wxwanrong.com	
Cajas americanas de cartón	Cajeando	6934 (30 mL) 6012 (50 mL)	673 716 251 – WhatsApp www.cajeando.com	
Cinta de embalaje transparente	TODOPLASTIC	-	Tell: 011 4952 1608 ventas@todoplastic.com	

Nota. La información sobre los envases y material de embalaje se obtuvo de páginas web oficiales y especificaciones proporcionadas por los fabricantes. Las fuentes consultadas se encuentran debidamente referenciadas en la lista de bibliografía. *Elaboración propia.*

Tabla B.18: Información de Equipos de transporte

Equipo	Marca	Modelo	Datos fabricante	Imagen
Carretilla elevadora industrial diésel	JAC	JAC CPCD30H	0510-83575088 steven@wxwanrong.com	
Elevador eléctrico de palets	ANDY	CDD-B	https://es.made-in-china.com/co_andylift Tell: 011 4952 1608	
Camión materia prima	Hino	SS1EKSA-2848	ventas@todoplastic.com 7555 4000	
Camión producto final	Isuzu	4HK1-TCN	isuzunicaragua.com/	
Microbús	Toyota	Haice 2007	5802 7038 - WhatsApp	

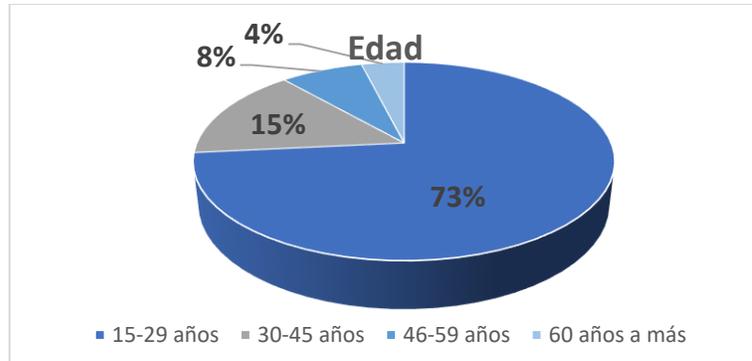
Nota. La información sobre los equipos se obtuvo de páginas web oficiales y fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes. Las fuentes consultadas se encuentran debidamente referenciadas en la lista de bibliografía. *Elaboración propia.*

11.3. Anexo C: Graficas de los Resultados de la Encuesta Realizada

✓ Pregunta 1: Edad

Figura C.1: *Distribución por rangos de edad de los encuestados*

La siguiente figura muestra el porcentaje correspondiente a los diferentes rangos de edad de las 384 personas encuestadas. De las cuales el 73% es representado por personas de quince a veintinueve años de edad.

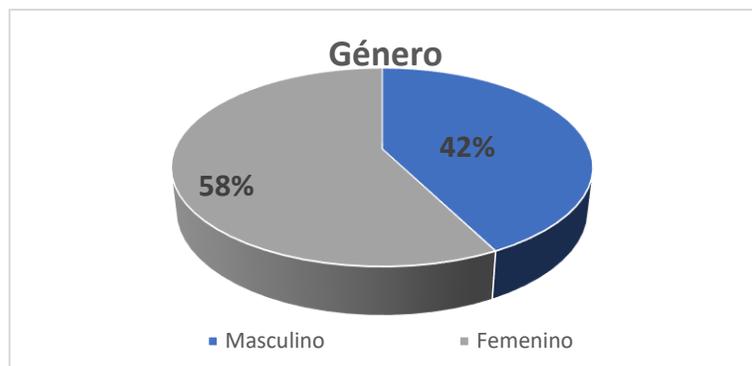


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

✓ Pregunta 2: Genero

De las 384 personas encuestadas, se observa en la siguiente figura que el 58% (equivalente a 221 personas) corresponde al género femenino, mientras que el 42% (equivalente a 163 personas) pertenece al género masculino.

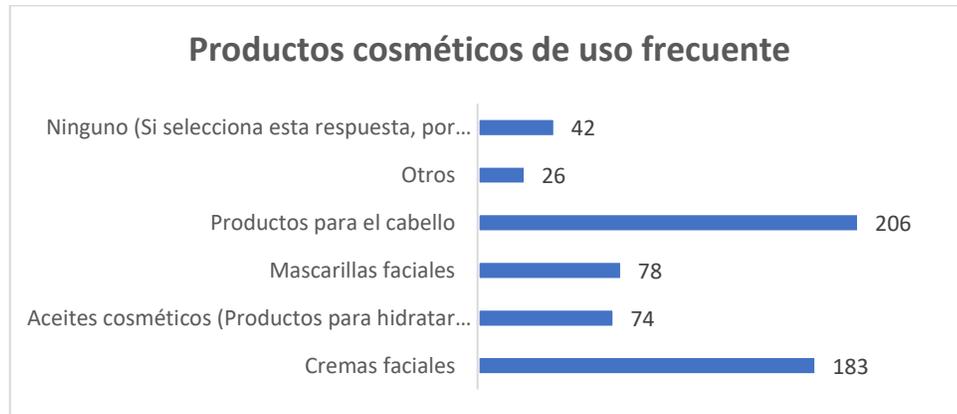
Figura C.2: *Distribución por género de los encuestados*



Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

✓ Pregunta 3: ¿Qué tipo de productos cosméticos usa con mayor frecuencia?

Figura C.3: Productos cosméticos más utilizados por los encuestados

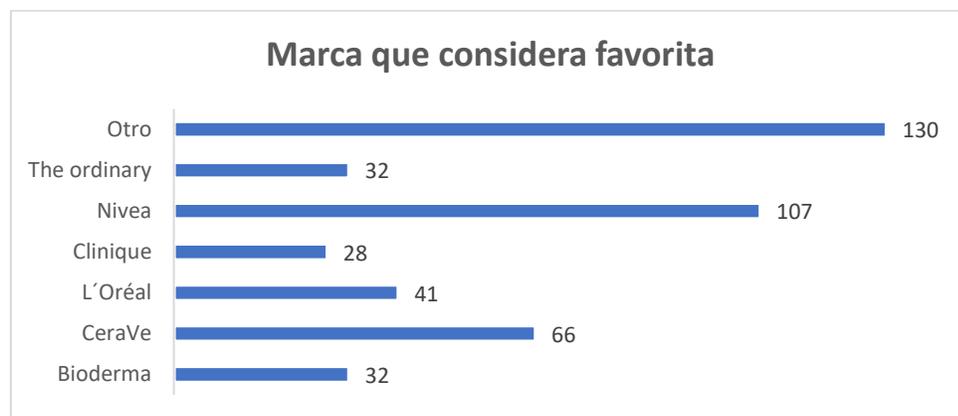


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

En la figura anterior se presentan los productos cosméticos más comunes utilizados por las personas encuestadas, siendo una pregunta de opción múltiple que permitió seleccionar varias respuestas. De las 384 personas, 42 indicaron que no utilizan ningún tipo de producto cosmético. Entre los 342 restantes, los productos más destacados incluyen productos para el cabello y cremas faciales, reflejando las preferencias más populares dentro del grupo consumidor.

✓ Pregunta 4: ¿Qué marcas de productos cosméticos considera sus favoritas?

Figura C.4: Marcas de productos cosméticos favoritas de los encuestados



Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

En esta figura anterior se presentan las marcas favoritas de productos cosméticos según los encuestados, siendo una pregunta de opción múltiple que permitió seleccionar varias respuestas. Esta pregunta fue respondida únicamente por las 342 personas que previamente indicaron utilizar algún tipo de producto cosmético. Entre las marcas mencionadas, la categoría "otro" (que incluye marcas no

especificadas en la encuesta) resultó ser la más mencionada, seguida de Nivea y CeraVe. Este análisis es útil para identificar la competencia principal del aceite de maracuyá comercializado bajo la marca "Deji".

✓ Pregunta 5: ¿Qué cualidades valora más en un producto cosmético?

Figura C.5: Cualidades esenciales valoradas en productos cosméticos

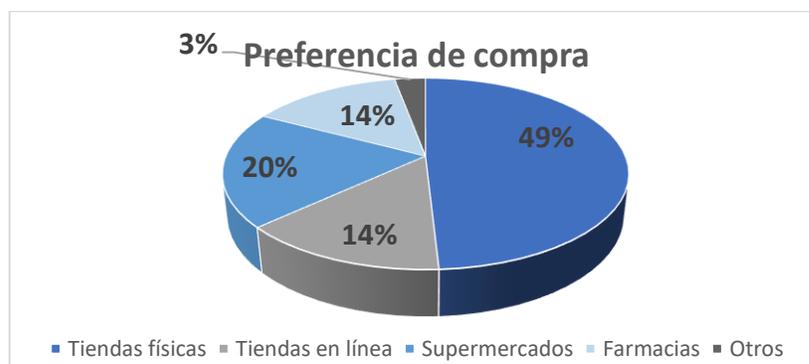


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

De las 342 personas que indicaron consumir productos cosméticos, las cualidades que más valoran al momento de adquirir un producto son la eficacia, que representa el 67% de los encuestados, y el precio, que ocupa el segundo lugar con un 12% de los encuestados.

✓ Pregunta 6: ¿Dónde prefiere comprar productos cosméticos?

Figura C.6: Preferencia de lugares de compra de productos cosméticos



Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

En la figura anterior se puede observar que de las 342 personas que afirmaron consumir productos cosméticos, el 49% expresó que prefieren adquirirlos en tiendas físicas, seguidas por los supermercados como la segunda opción más popular con un 20%. Este resultado proporciona información valiosa para determinar las rutas de comercialización más adecuadas para el aceite de maracuyá.

- ✓ Pregunta 7: ¿Qué fuentes de información utiliza para conocer nuevos productos cosméticos?

Figura C.7: Fuentes de información utilizadas para conocer nuevos productos cosméticos

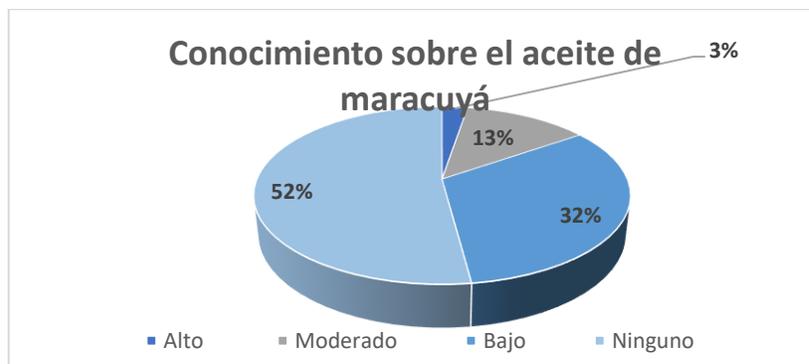


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

De las 384 personas encuestadas, el 54% (208 personas) indicó que el medio principal para descubrir nuevos productos son las redes sociales, mientras que el 27% (104 personas) señaló las recomendaciones de profesionales como su fuente de referencia. Estos resultados son clave para identificar las estrategias más efectivas para promocionar el aceite de maracuyá.

- ✓ Pregunta 8: ¿Cuál es su conocimiento sobre el aceite de maracuyá y sus múltiples beneficios?

Figura C.8: Conocimiento de los encuestados sobre el aceite de maracuyá

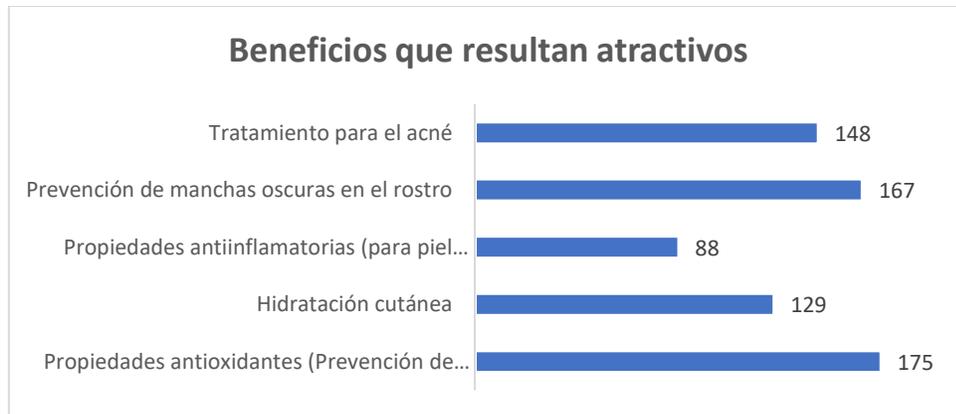


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

La figura muestra que el 52% de los encuestados no tiene conocimiento sobre el aceite de maracuyá, mientras que solo un 10% reporta un conocimiento alto. Esto evidencia la necesidad de una estrategia de difusión que promueva sus beneficios y favorezca su posicionamiento como producto cosmético.

- ✓ Pregunta 9: ¿Qué beneficios del aceite de maracuyá le resultan más atractivos?

Figura C.9: Beneficios del aceite de maracuyá percibidos como más atractivos

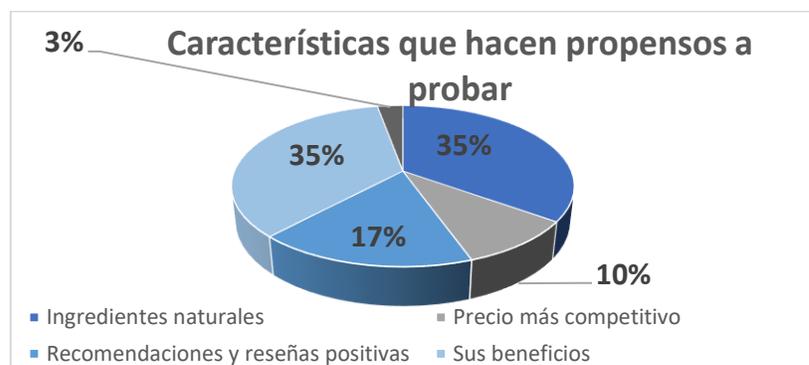


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

La figura muestra los beneficios más atractivos del aceite de maracuyá según los encuestados, siendo una pregunta de opción múltiple que permitió seleccionar varias respuestas. Los resultados destacan que las propiedades antioxidantes, la prevención de manchas oscuras en la piel y su uso como tratamiento para el acné son los beneficios más valorados por los participantes.

- ✓ Pregunta 10: ¿Qué características le hacen más propenso a probar el aceite de maracuyá?

Figura C.10: Factores que motivan a probar el aceite de maracuyá

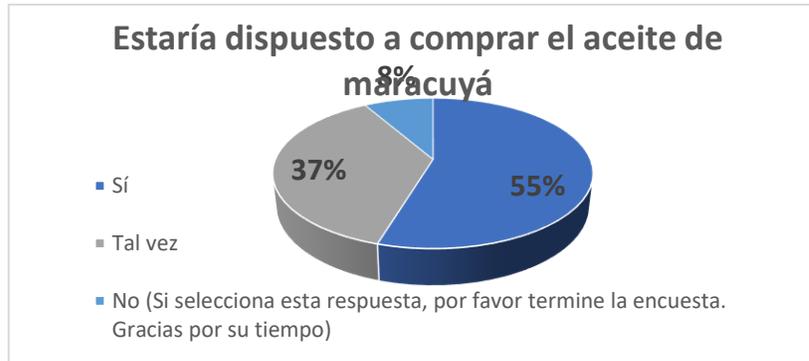


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Las características que hacen más propensos a probar el aceite de maracuyá entre las personas encuestadas se distribuyen de manera equitativa con un 35% por ser un producto de origen natural y por los múltiples beneficios que ofrece. Y un 17% lo considerarían debido a las recomendaciones y reseñas positivas que recibe.

- ✓ Pregunta 11: ¿Estaría dispuesto a comprar el aceite de maracuyá como producto cosmético?

Figura C.11: Distribución porcentual de encuestados dispuestos a comprar aceite de maracuyá

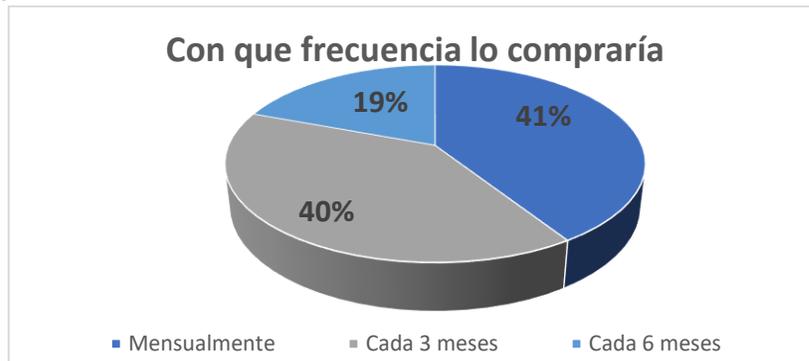


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

De las 384 personas encuestadas, 32 (el 8%) aseguraron que no comprarían el aceite de maracuyá, mientras que el resto expresó su disposición a adquirirlo. Este resultado indica que el aceite de maracuyá podría tener un mercado con una aceptación favorable si se implementa una estrategia adecuada. Además, a partir de esta pregunta, solo 352 personas continuaron respondiendo el resto de la encuesta, ya que se les solicitó que la finalizaran si no estaban interesados en el producto.

- ✓ Pregunta 12: Si el aceite de maracuyá cumple con sus expectativas, ¿con que frecuencia cree que lo compraría?

Figura C.12: Frecuencia estimada de compra de aceite de maracuyá por los encuestados

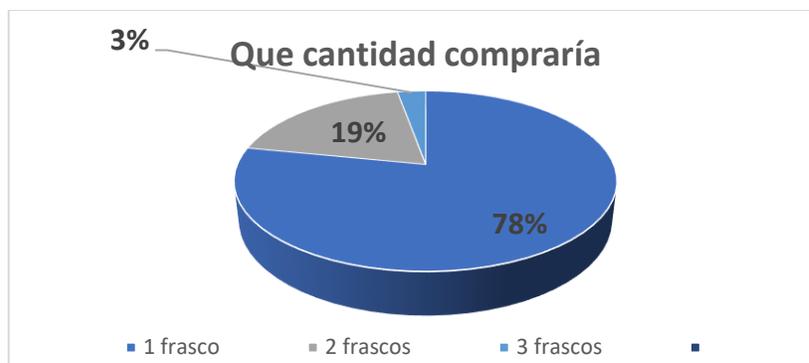


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

La figura muestra que el 41% de las personas que continuaron respondiendo la encuesta comprarían el producto mensualmente, mientras que el 40% lo adquiriría cada tres meses y el 19% lo compraría cada seis meses.

✓ Pregunta 13: ¿Qué cantidad de producto compraría?

Figura C.13: Cantidad de frascos de aceite de maracuyá que comprarían los encuestados

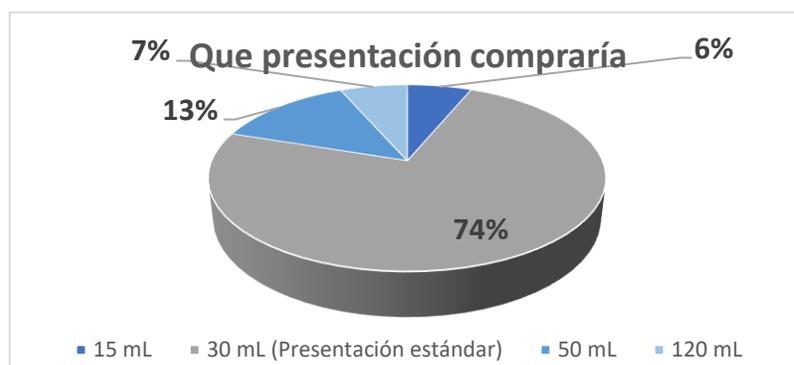


Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

El 78% de las personas encuestadas (275 personas) comprarían solo un frasco, mientras que el 19% (67 personas) comprarían dos frascos. En tercer lugar, el 3% compraría tres frascos. Es probable que aquellas personas que comprarán más de un frasco lo hagan tanto para su uso personal como para regalar a algún familiar.

✓ Pregunta 14: ¿Qué presentación compraría?

Figura C.14: Presentación de producto preferida por los encuestados



Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

Esta pregunta se realizó para determinar cuál de las presentaciones del aceite de maracuyá sería más aceptada por la población, con el fin de ofrecerla bajo la marca Deji. La figura muestra que el 74% de los encuestados (260 personas) prefieren la presentación estándar de 30 mL, mientras que un 13% (47 personas) optaría por la presentación de 50 mL. Un 7% preferiría la presentación de 120 mL, y un 6% optaría por la de 15 mL, que tendría una preferencia similar a la de la presentación de 120 mL.

- ✓ Pregunta 15: Considerando que el tamaño estándar de la presentación es de 30 mL ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un producto de aceite de maracuyá de este tamaño, considerando los múltiples beneficios que se mencionaron anteriormente?

Figura C.15: Cantidad dispuesta a pagar por la presentación estándar



Nota: La grafica se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

En la figura se puede observar que 316 personas, representando el 90%, estarían dispuestas a pagar entre 10 y 20 dólares.

11.4. Anexo E: Balance de Materia y Energía

Según lo establecido en el acápite 4.2.1, los balances de materia y energía se calcularon tomando como base la capacidad de diseño por hora para el último año del horizonte, la cual se determinó utilizando la ecuación 4.6. Los resultados se muestran a continuación:

$$\text{Capacidad de diseño por hora} = 21\,155,49 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \times \frac{1}{4,480 \frac{\text{h}}{\text{año}}}$$

$$\text{Capacidad de diseño por hora} = 4,72 \text{ Kg/h}$$

Este valor se consideró como la corriente que sale del proceso de almacenamiento, es decir, la producción final de aceite de semilla de maracuyá. Por lo tanto, se inició con la última etapa del proceso para plantear los balances de materia.

11.4.1. Balance de materia

Almacenamiento

Figura D.1: Esquema del balance de materia en el proceso de almacenamiento



Elaboración propia.

Envasado

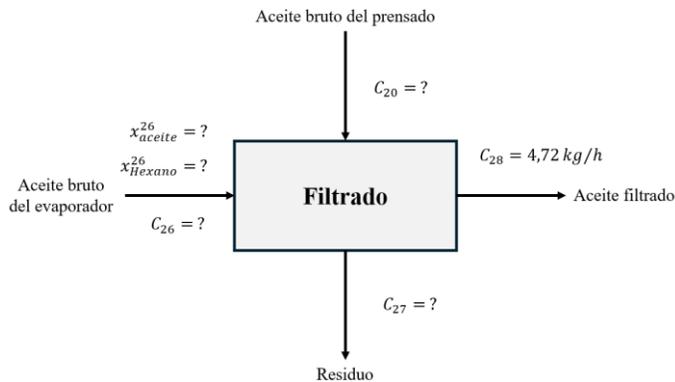
Figura D.1: Esquema del balance de materia en el proceso de envasado



Elaboración propia.

Filtrado

Figura D.2: Esquema del balance de materia en el proceso de filtrado



Elaboración propia.

En el esquema se observa que, el flujo másico que sale del proceso de filtrado es de 4,72 Kg/h, pero se desconoce el flujo que entra de aceite bruto proveniente tanto del proceso de prensado (C_{20}) como del proceso de extracción por solvente (C_{26}). Por lo tanto, para calcular estas corrientes, se consideró lo establecido en el acápite 4.2.1, en el cual se determinó que: en el proceso de prensado se extrae el 94% del aceite presente en la semilla de maracuyá, mientras que el 6% restante queda en la torta de extracción. Esta torta se sometió posteriormente a extracción con solvente, donde se recupera un 5% adicional del aceite, dejando un 1% de aceite residual en la harina con solvente.

Corriente C20 y C26

Entonces, el aceite bruto total representa el 99% del contenido oleoso de las semillas y equivale a la suma del aceite bruto obtenido en los procesos de prensado y extracción por solvente ($b = C_{20} + C_{26}$). Además, según datos experimentales, este aceite está compuesto por un 4,81% de impureza y un 95,19% de aceite filtrado (ver tabla B.14 en anexos). Con base en esta información se realizaron los siguientes cálculos:

$$bx_{aceite}^b = C_{28} \quad (\text{Ecuación 10.1})$$

$$b = \frac{C_{28}}{x_{aceite}^b} = \frac{4,72 \text{ kg/h}}{0,9519} = 4,96 \text{ Kg/h}$$

A partir de este dato, se determinó la composición del aceite de semilla de maracuyá a lo largo del proceso de extracción. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla D.1: Composición del aceite de semilla de maracuyá en el proceso industrial

Descripción	Composición	Kg/h
Aceite contenido en la semilla de maracuyá	100,00%	5,01
Aceite bruto total extraído (b=C20+C26)	99,00%	4,96
Aceite bruto extraído del proceso de prensado (C20)	94,00%	4,71
Aceite retenido en la torta de extracción	6,00%	0,30
Aceite bruto extraído del proceso de extracción por solvente (C26)	5,00%	0,25
Aceite retenido en la harina con solvente	1,00%	0,05

Nota: El cálculo se realizó en Microsoft Excel. *Elaboración propia.*

De los datos calculados en la tabla se determinó lo siguiente:

$$C_{20} = 4,71 \text{ Kg/h}$$

$$C_{26} = 0,25 \text{ Kg/h}$$

La composición de la corriente que sale de la evaporación (C24) que entra al proceso de filtrado, se determinó con base en la descripción de la secuencia de operaciones del acápite 5.2.3, donde se estableció que el aceite bruto obtenido en el proceso de evaporación contiene 40 ppm de hexano, lo que equivale al 0,004%. A partir de esta información, se calculó lo siguiente:

$$x_{Hexano}^{26} = 4 \times 10^{-5}$$

$$x_{aceite}^{26} + x_{Hexano}^{26} = 1 \quad (\text{Ecuación 10.2})$$

$$x_{aceite}^{26} = 1 - x_{Hexano}^{26} = 1 - 4 \times 10^{-5} = 0,99996$$

Corriente C27

La cantidad de residuos eliminados durante el proceso de filtrado se calculó, mediante la siguiente ecuación:

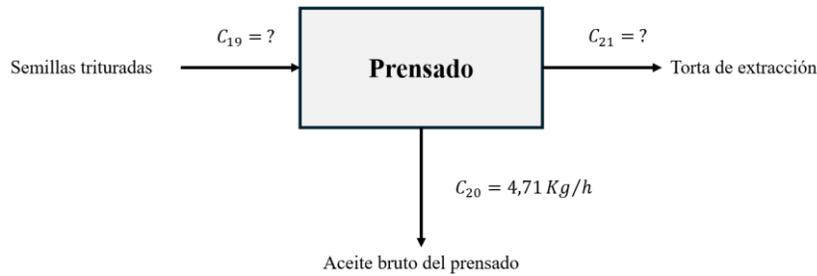
$$C_{20} + C_{26} = C_{27} + C_{28} \quad (\text{Ecuación 10.3})$$

$$C_{27} = C_{20} + C_{26} - C_{28} = (4,71 + 0,25 - 4,72) \text{ Kg/h}$$

$$C_{27} = 0,24 \text{ Kg/h}$$

Prensado

Figura D.3: Esquema del balance de materia en el proceso de prensado



Elaboración propia.

Corriente C19

Para calcular el flujo de masa de semillas trituradas que ingresan al proceso de prensado, se utilizó el rendimiento del proceso de extracción obtenido en la parte experimental (ver tabla B.14 en anexos). Este rendimiento se expresó por la siguiente expresión:

$$R = \frac{\text{flujo aceite bruto total}}{\text{flujo semillas trituradas utilizadas}} = \frac{b}{C_{19}} = 23,73\% \quad (\text{Ecuación 10.4})$$

Por lo tanto:

$$C_{19} = \frac{4,96 \text{ Kg/h}}{0,2373} = 20,90 \text{ Kg/h}$$

Corriente C21

$$C_{19} = C_{20} + C_{21} \quad (\text{Ecuación 10.5})$$

$$C_{21} = C_{19} - C_{20} = (20,90 - 4,71) \text{ Kg/h} = 16,19 \text{ Kg/h}$$

En la tabla D.1 se determinó que la cantidad de aceite retenido en la torta de extracción fue 0,30 Kg/h, por lo tanto, la composición de la torta de extracción es:

$$x_{\text{aceite}}^{21} = \frac{0,30 \text{ Kg/h}}{C_{21}} \quad (\text{Ecuación 10.6})$$

$$x_{\text{aceite}}^{21} = \frac{0,30 \text{ Kg/h}}{16,19 \text{ Kg/h}} = 0,0185$$

$$x_{\text{aceite}}^{21} + x_{\text{Hexano}}^{21} = 1 \quad (\text{Ecuación 10.7})$$

$$x_{\text{Hexano}}^{21} = 1 - x_{\text{aceite}}^{21} = 1 - 0,0185 = 0,9815$$

Extracción por solvente

Figura D.4: Esquema del balance de materia en el proceso de extracción por solvente



Elaboración propia.

Corriente C22

En la parte experimental, se estableció que la relación material-solvente fue de 1:2 (ver figura A.34 en anexos). A partir de esta esta información se planteó lo siguiente:

$$\text{Relación} = \frac{\text{Flujo másico de torta de extracción}}{\text{flujo másico de solvente}} = \frac{C_{21}}{C_{22}} = 0,5 \quad (\text{Ecuación 10.8})$$

El flujo másico de solvente que ingresa al proceso se calculó despejando C22 de la ecuación anterior:

$$C_{22} = \frac{C_{21}}{0,5} = \frac{16,19 \text{ Kg/h}}{0,5} = 32,38 \text{ Kg/h}$$

Corriente C24

La miscela está compuesta por aceite y hexano. A partir de la parte experimental, se determinó que el hexano en la miscela representa el 73,24% del hexano total que ingresa al proceso (C22) (ver figura tabla B.13 en anexos). Por otro lado, la cantidad de aceite en la miscela corresponde a la cantidad de aceite obtenida a la salida del evaporador (C26). Con esta información, se calculó la corriente C24, mediante la siguiente ecuación:

$$C_{24} = x_{\text{aceite}}^{26} C_{26} + 0,7324 C_{22} \quad (\text{Ecuación 10.9})$$

$$C_{24} = (0,99996)(0,25 \text{ Kg/h}) + (0,7324)(32,38 \text{ Kg/h}) = 23,97 \text{ Kg/h}$$

La composición de la corriente C24 se determinó de la siguiente forma:

$$x_{aceite}^{24} C_{24} = x_{aceite}^{26} C_{26} \quad (\text{Ecuación 10.10})$$

$$x_{aceite}^{24} = \frac{x_{aceite}^{26} C_{26}}{C_{24}} = \frac{(0,99996)(0,25 \text{ Kg/h})}{23,97 \text{ Kg/h}} = 0,0104$$

$$x_{aceite}^{24} + x_{Hexano}^{24} = 1 \quad (\text{Ecuación 10.11})$$

$$x_{Hexano}^{24} = 1 - x_{aceite}^{24} = 1 - 0,0104 = 0,9896$$

Corriente C23

El flujo másico de harina con solvente, obtenido del proceso de extracción por solvente, se calculó con la siguiente ecuación:

$$C_{21} + C_{22} = C_{23} + C_{24} \quad (\text{Ecuación 10.12})$$

$$C_{23} = C_{21} + C_{22} - C_{24} = (16,19 + 32,38 - 23,97) \text{ Kg/h}$$

$$C_{23} = 24,60 \text{ Kg/h}$$

En la tabla D.1 se determinó que la harina con solvente retiene 0,05 Kg/h de aceite. Además, los resultados experimentales indicaron que el hexano en la harina representa el 26,76% del hexano total que ingresa al proceso (C22) (ver tabla B.14 en anexos). Por lo tanto, la composición de la harina con solvente es:

$$x_{aceite}^{23} = \frac{0,05 \text{ Kg/h}}{C_{23}} \quad (\text{Ecuación 10.13})$$

$$x_{aceite}^{23} = \frac{0,05 \text{ Kg/h}}{24,60 \text{ Kg/h}} = 0,002$$

$$x_{Hexano}^{23} = \frac{0,2676 C_{22}}{C_{23}} \quad (\text{Ecuación 10.14})$$

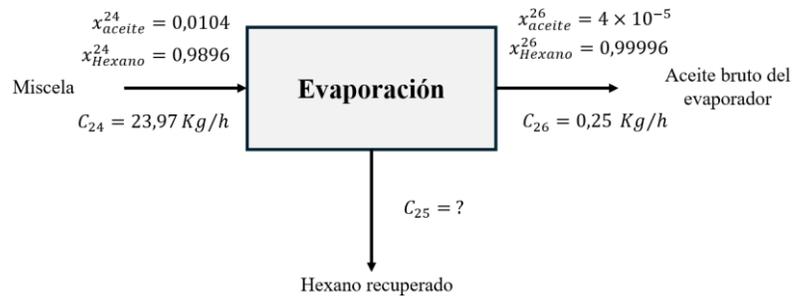
$$x_{Hexano}^{23} = \frac{(0,2676)(32,38)}{24,60 \text{ Kg/h}} = 0,3522$$

$$x_{aceite}^{23} + x_{Hexano}^{23} + x_{otro}^{23} = 1 \quad (\text{Ecuación 10.15})$$

$$x_{otro}^{23} = 1 - x_{aceite}^{23} - x_{Hexano}^{23} = 1 - 0,002 - 0,3522 = 0,6458$$

Evaporación

Figura D.5: Esquema del balance de materia en el proceso de evaporación



Elaboración propia.

Corriente 25

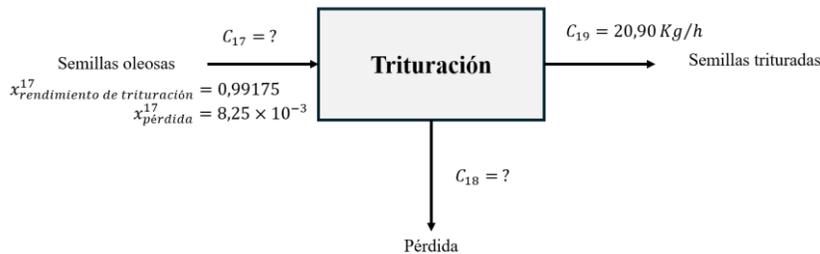
El flujo másico de hexano recuperado en el proceso de evaporación y recirculado al proceso de extracción por solvente, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$C_{24} = C_{25} + C_{26} \quad (\text{Ecuación 10.16})$$

$$C_{25} = C_{24} - C_{26} = (23,97 - 0,25) \text{ Kg/h} = 23,72 \text{ Kg/h}$$

Trituración

Figura D.6: Esquema del balance de materia en el proceso de trituración



Elaboración propia.

Corriente C17

El rendimiento de trituración y el porcentaje de pérdida se determinaron en el parte experimental con base en los resultados del acápite 5.4.2. A partir de estos datos, se calculó el flujo másico de las semillas oleosas que entran al proceso de trituración, mediante la siguiente ecuación:

$$x_{rendimiento de trituración}^{17} C_{17} = C_{19} \quad (\text{Ecuación 10.17})$$

$$C_{17} = \frac{C_{19}}{x_{rendimiento de trituración}^{17}} = \frac{20,90 \text{ Kg/h}}{0,99175} = 21,07 \text{ Kg/h}$$

Corriente C18

Las pérdidas generadas en el proceso de trituración se calcularon a través de la siguiente ecuación:

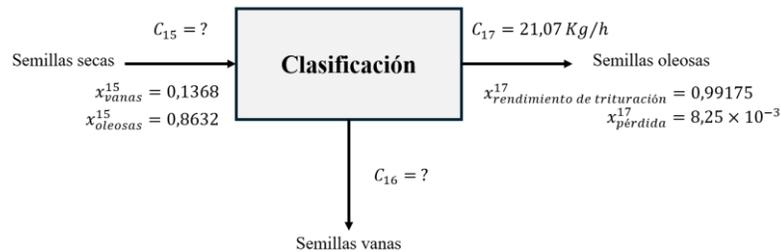
$$C_{17} = C_{18} + C_{19} \quad (\text{Ecuación 10.18})$$

$$C_{18} = C_{17} - C_{19} = (21,07 - 20,90) \text{ Kg/h}$$

$$C_{18} = 0,17 \text{ Kg/h}$$

Clasificación

Figura D.7: Esquema del balance de materia en el proceso de clasificación



Elaboración propia.

Corriente C15

El porcentaje de semillas vanas y oleosas se determinaron en el parte experimental con base en los resultados del acápite 5.4.2. A partir de estos datos, se calculó el flujo másico de las semillas secas que entran al proceso de clasificación, mediante la siguiente ecuación:

$$x_{oleosas}^{15} C_{15} = C_{17} \quad (\text{Ecuación 10.19})$$

$$C_{15} = \frac{C_{17}}{x_{oleosas}^{17}} = \frac{21,07 \text{ Kg/h}}{0,8632} = 24,41 \text{ Kg/h}$$

Corriente C16

El flujo másico de semillas vanas descartadas en el proceso de clasificación se calculó mediante la siguiente ecuación:

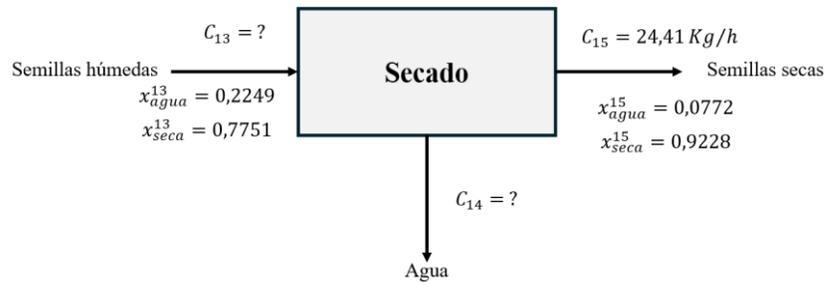
$$C_{15} = C_{16} + C_{17} \quad (\text{Ecuación 10.20})$$

$$C_{16} = C_{15} - C_{17} = (24,41 - 21,07) \text{ Kg/h}$$

$$C_{16} = 3,34 \text{ Kg/h}$$

Secado

Figura D.8: Esquema del balance de materia en el proceso de secado



Elaboración propia.

Corriente C13

El porcentaje de humedad de las semillas, antes y después del secado, se determinó experimentalmente (ver figuras A.29 y A.31 en anexos). Para las semillas secas, se consideró el porcentaje de humedad correspondiente a 60 °C por 4 horas, según el análisis estadístico (acápite 5.4.4). El contenido seco de las semillas húmedas y secas se obtuvo por diferencia con el porcentaje de humedad determinado. Con estos datos, se calculó el flujo de semillas húmedas que ingresan al proceso mediante la siguiente ecuación:

$$x_{seca}^{13} C_{13} = x_{seca}^{15} C_{15} \quad (\text{Ecuación 10.21})$$

$$C_{13} = \frac{x_{seca}^{15} C_{15}}{x_{seca}^{13}} = \frac{(0,9228)(24,41 \text{ Kg/h})}{0,7751} = 29,06 \text{ Kg/h}$$

Corriente C14

El flujo másico de agua que se elimina en el proceso de secado se calculó mediante la siguiente ecuación:

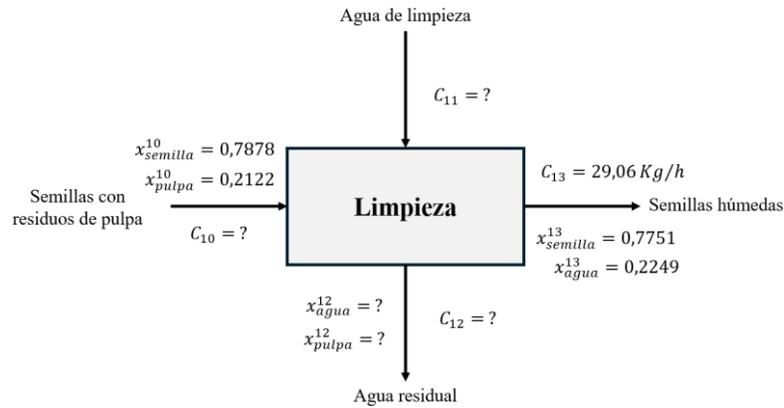
$$C_{13} = C_{14} + C_{15} \quad (\text{Ecuación 10.22})$$

$$C_{14} = C_{13} - C_{15} = (29,06 - 24,41) \text{ Kg/h}$$

$$C_{14} = 4,65 \text{ Kg/h}$$

Limpieza

Figura D.9: Esquema del balance de materia en el proceso de limpieza



Elaboración propia.

Corriente 10

El porcentaje de semillas y pupa remanente de la corriente C10, se determinó a partir de los resultados experimentales para el proceso de limpieza de las semillas (ver tabla B.11 en anexos). Con esta información se calculó el flujo de semillas que entra al proceso de limpieza, mediante la siguiente ecuación:

$$x_{semilla}^{10} C_{10} = x_{semilla}^{13} C_{13} \quad (\text{Ecuación 10.23})$$

$$C_{10} = \frac{x_{semilla}^{13} C_{13}}{x_{semilla}^{10}} = \frac{(0,7751)(29,06 \text{ kg/h})}{0,7878} = 28,59 \text{ Kg/h}$$

Corriente C11

El flujo de agua necesario para la limpieza de las semillas de maracuyá se calculó considerando que el equipo utilizado para este proceso tiene un consumo de 6,5 L de agua por cada kilogramo de semilla procesada. El consumo de agua en kilogramos se determinó asumiendo una densidad de 1 000 Kg/m³, lo que dio como resultado 6,5 Kg de agua por kilogramo de semilla procesada.

$$C_{11} = 6,5 C_{10} \quad (\text{Ecuación 10.24})$$

$$C_{11} = (6,5)(28,59) \text{ Kg/h} = 185,84 \text{ Kg/h}$$

Corriente C12

El flujo másico de agua residual generado en el proceso de limpieza se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$C_{10} + C_{11} = C_{12} + C_{13} \quad (\text{Ecuación 10.25})$$

$$C_{12} = C_{10} + C_{11} - C_{13} = (28,59 + 185,84 - 29,06) \text{ Kg/h}$$

$$C_{12} = 185,37 \text{ Kg/h}$$

La composición de la corriente C12 se determinó de la siguiente forma:

$$x_{pulp\grave{a}}^{12} C_{12} = x_{pulp\grave{a}}^{10} C_{10} \quad (\text{Ecuación 10.26})$$

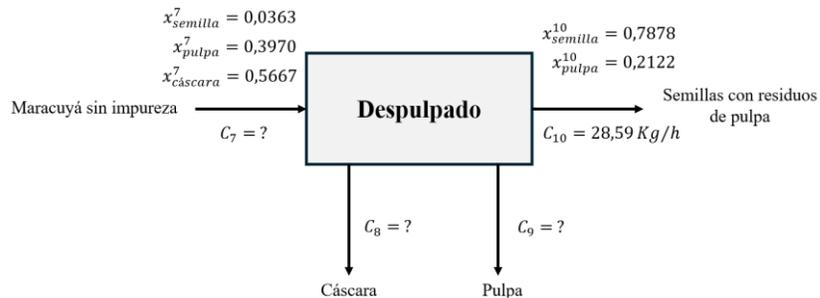
$$x_{pulp\grave{a}}^{12} = \frac{x_{pulp\grave{a}}^{10} C_{10}}{C_{12}} = \frac{(0,2122)(28,59 \text{ Kg/h})}{185,37 \text{ Kg/h}} = 0,0327$$

$$x_{semilla}^{12} + x_{pulp\grave{a}}^{12} = 1 \quad (\text{Ecuación 10.27})$$

$$x_{semilla}^{12} = 1 - x_{pulp\grave{a}}^{12} = 1 - 0,0327 = 0,9673$$

Despulpado

Figura D.10: Esquema del balance de materia en el proceso de despulpado



Elaboración propia.

Corriente C7

La composición del fruto de maracuyá se determinó en el parte experimental con base en los resultados del acápite 5.4.2. A partir de estos datos, se calculó el flujo másico de maracuyá sin impureza que entran al proceso de despulpado, mediante la siguiente ecuación:

$$x_{semilla}^7 C_7 = x_{semilla}^{10} C_{10} \quad (\text{Ecuación 10.28})$$

$$C_7 = \frac{x_{semilla}^{10} C_{10}}{x_{semilla}^7} = \frac{(0,7878)(28,59 \text{ Kg/h})}{0,0363} = 620,47 \text{ Kg/h}$$

Corriente C8

El flujo másico de cascara que sale del proceso de despulpado se calculó con la siguiente ecuación:

$$C_8 = x_{cáscara}^7 C_7 \quad (\text{Ecuación 10.29})$$

$$C_8 = (0,5667)(620,47 \text{ Kg/h}) = 351,62 \text{ Kg/h}$$

Corriente C9

El flujo másico de pulpa que sale del proceso de despulpado se calculó con la siguiente ecuación:

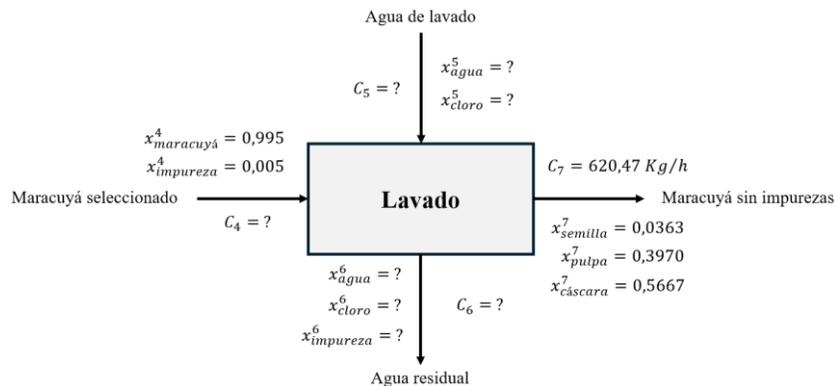
$$C_7 = C_8 + C_9 + C_{10} \quad (\text{Ecuación 10.30})$$

$$C_9 = C_7 - C_8 - C_{10} = (620,47 - 351,62 - 28,59) \text{ Kg/h}$$

$$C_9 = 240,26 \text{ Kg/h}$$

Lavado

Figura D.11: Esquema del balance de materia en el proceso de lavado



Elaboración propia.

Corriente C4

El porcentaje de impurezas removidas se determinó experimentalmente a partir de los datos del acápite 5.4.2. A partir de estos datos, se calculó el flujo másico de frutos de maracuyá que entran al proceso de lavado.

$$x_{maracuyá}^4 C_4 = C_7 \quad (\text{Ecuación 10.31})$$

$$C_4 = \frac{C_7}{x_{maracuyá}^4} = \frac{620,47 \text{ Kg/h}}{0,995} = 623,59 \text{ Kg/h}$$

Corriente C5

El flujo de agua necesario para el lavado de los frutos de maracuyá se determinó considerando que el equipo utilizado para este proceso tiene un consumo de agua de 8 610 L de agua con recirculación. El consumo de agua en kilogramos se calculó asumiendo una densidad de 1 000 Kg/m³, lo que dio como resultado 8 610 Kg de agua.

$$C_5 = 8\,610,00 \text{ Kg/h}$$

La composición del agua de lavado que entra al proceso, se determinó con base en la descripción de la secuencia de operaciones del acápite 5.2.3, donde se estableció que el agua de lavado se adiciona cloro comercial a una concentración de 50 ppm, lo que equivale al 0,005%. A partir de esta información, se calculó lo siguiente:

$$x_{\text{cloro}}^5 = 5 \times 10^{-5}$$

$$x_{\text{agua}}^5 + x_{\text{cloro}}^5 = 1 \quad (\text{Ecuación 10.32})$$

$$x_{\text{agua}}^5 = 1 - x_{\text{cloro}}^5 = 1 - 5 \times 10^{-5} = 0,99995$$

Corriente C6

El flujo másico del agua residual que sale del proceso de lavado se calculó con la siguiente ecuación:

$$C_4 + C_5 = C_6 + C_7 \quad (\text{Ecuación 10.33})$$

$$C_6 = C_4 + C_5 - C_7 = (623,59 + 8\,610,00 - 620,47) \text{ Kg/h}$$

$$C_6 = 8\,613,12 \text{ Kg/h}$$

La composición de la corriente C6 se calculó de la siguiente forma:

$$x_{\text{impureza}}^6 C_6 = x_{\text{impureza}}^4 C_4 \quad (\text{Ecuación 10.34})$$

$$x_{\text{impureza}}^6 = \frac{x_{\text{impureza}}^4 C_4}{C_6} = \frac{(0,005)(623,59 \text{ Kg/h})}{8\,613,12 \text{ Kg/h}} = 0,0004$$

$$x_{\text{cloro}}^6 C_6 = x_{\text{agua}}^5 C_5 \quad (\text{Ecuación 10.35})$$

$$x_{\text{cloro}}^6 = \frac{x_{\text{agua}}^5 C_5}{C_6} = \frac{(5 \times 10^{-5})(8\,610,00 \text{ Kg/h})}{8\,613,12 \text{ Kg/h}} = 4,9 \times 10^{-5}$$

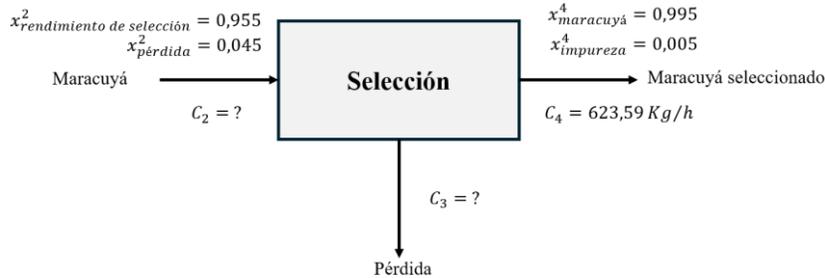
$$x_{\text{agua}}^6 + x_{\text{cloro}}^6 + x_{\text{impureza}}^6 = 1 \quad (\text{Ecuación 10.36})$$

$$x_{agua}^6 = 1 - x_{cloro}^6 - x_{impureza}^6 = 1 - 0,0004 - 4,9 \times 10^{-5}$$

$$x_{agua}^6 = 0,999551$$

Selección

Figura D.12: Esquema del balance de materia en el proceso de selección



Elaboración propia.

Corriente C2

Se asumió una pérdida total del 5%, distribuida entre los procesos de selección y lavado, con un 4,5% de pérdida en la etapa de selección. A partir de estos datos, se calculó el flujo másico de frutos de maracuyá que ingresan al proceso de selección.

$$x_{rendimiento\ de\ selección}^2 C_2 = C_4 \quad (\text{Ecuación 10.37})$$

$$C_2 = \frac{C_4}{x_{rendimiento\ de\ selección}^2} = \frac{623,59\ Kg/h}{0,955} = 652,97\ Kg/h$$

Corriente C3

El flujo másico de frutos de maracuyá descartados (pérdida) que sale del proceso de selección se calculó con la siguiente ecuación:

$$C_2 = C_3 + C_4 \quad (\text{Ecuación 10.38})$$

$$C_3 = C_2 - C_4 = (652,97 - 623,59)\ Kg/h$$

$$C_3 = 29,38\ Kg/h$$

Recepción de materia prima

Figura D.13: Esquema del balance de materia en el proceso de recepción de materia prima



Elaboración propia.

11.4.2. Balance de energía

Almacenamiento de materia prima

Se estableció que semanalmente se recibirán 62 717,42 Kg de frutos de maracuyá que deberán ser almacenados en una cámara frigorífica a 7°C, ingresando a una temperatura ambiente de 26,8°C (ver tabla B.1 en anexos). Para determinar la energía requerida en este proceso se calculó el calor sensible y la potencia necesaria. A continuación, se presentan los cálculos correspondientes:

Datos:

$$m = 62\,717,42 \text{ Kg}$$

$$T_0 = 26,8^\circ\text{C} \text{ y } T_f = 7^\circ\text{C}$$

La capacidad calorífica específica (C_p) del maracuyá está dada por la siguiente ecuación (Ibarz & Barbosa-Cánovas, 2005, pág. 104):

$$C_p = 0,83 + 3,35X_{\text{agua}} \text{ (kJ/Kg}^\circ\text{C)} \quad (\text{Ecuación 10.39})$$

$$C_p = 0,83 + 3,35(0,8619) = 3,72 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los cálculos sobre la composición de agua (humedad) del fruto de maracuyá, realizados en Microsoft Excel:

Tabla D.2: Humedad del fruto de maracuyá

Partes del fruto	Composición másica	% humedad	Composición de humedad
Pulpa	39.70%	87.50%	34.74%
Cáscara	56.67%	87.14%	49.38%
Semillas	3.63%	57.09%	2.07%
	Humedad total		86.19%

Nota. Los datos de composición másica se obtuvieron a partir de los resultados de la parte experimental, mientras que los valores de porcentaje de humedad se tomaron de la figura 3.2 (acápito 3.1.2), que presenta la Composición proximal del maracuyá variedad amarilla (*Passiflora edulis f. flavicarpia*). *Elaboración propia.*

Con estos datos, se realizó el cálculo del calor sensible mediante la siguiente ecuación (Singh & Heldman, 2009, pág. 41):

$$Q_s = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (\text{Ecuación 10.40})$$

$$Q_s = (62\,717,42 \text{ Kg/semana})(3,72 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C})(26,8 - 7)^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 4\,619\,514,29 \text{ kJ/semana}$$

Potencia requerida, considerando que $1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$:

$$P = 4\,619\,514,29 \frac{\text{kJ}}{\text{semana}} \times \frac{1 \text{ semana}}{604\,800 \text{ s}} = 7,63 \text{ kW}$$

Extracción por solvente

Se estableció que, en cada jornada de operación de la planta, el extractor por solvente procesará 16,19 Kg/h de torta de extracción resultante del prensado en frío, utilizando 32,38 Kg/h de hexano como solvente, en una relación torta-hexano de 1:2. Con el fin de facilitar los cálculos, los requerimientos energéticos del extractor se dividieron en dos etapas: primero, el calentamiento del hexano y, posteriormente, su evaporación, proceso que permite la separación del hexano del aceite extraído. La energía total requerida para la extracción por solventes será la suma de las energías necesarias en ambas etapas.

Energía requerida para el calentamiento del hexano (extracción del aceite)

El cálculo de la energía requerida para el calentamiento del hexano se realizó mediante la ecuación 10.40, considerando que su capacidad calorífica específica (C_p) es de $2,26 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ a su temperatura de ebullición de 69°C (Ramírez Romero, 2014, pág. 53). El hexano se calentará de 25 hasta 69°C , utilizando vapor de agua generado por la caldera a 74°C . Esta temperatura fue elegida para asegurar un gradiente mínimo de temperatura de 5°C entre el vapor y el hexano. Además, se asumió para efecto del cálculo, una eficiencia del 85% en el intercambiador de calor y una calidad del vapor del 90%.

A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar la energía y flujo másico de vapor requerida en esta etapa:

Datos:

$$m = 32,38 \text{ Kg/h}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} \text{ y } T_f = 69^\circ\text{C}$$

$$C_p = 2,26 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_s = 74^\circ\text{C}$$

$$x_s = 0,9$$

La energía térmica requerida calculada fue:

$$Q = (32,38 \text{ Kg/h})(2,26 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C})(69 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q = 3\,219,87 \text{ kJ/h}$$

Para una eficiencia del cambiador del 85%:

$$Q = \frac{3\,219,87 \text{ kJ/h}}{0,85} = 3\,788,08 \text{ kJ/h}$$

El flujo másico de vapor se calculó por medio de la siguiente ecuación (Singh & Heldman, 2009, pág. 155):

$$\dot{m}_s = \frac{q_s}{H - H_c} \quad (\text{Ecuación 10.41})$$

Donde:

- ✓ q_s : Energía térmica suministrado por el vapor ($q_s = Q$)
- ✓ H : Entalpia del vapor a una calidad del 90%
- ✓ H_c : Contenido de energía térmica del condensado que abandona el cambiador

Los valores de H y H_c están dados por las siguientes ecuaciones (Singh & Heldman, 2009, págs. 153, 155):

$$H = (1 - x_s)H_l + x_sH_v \quad (\text{Ecuación 10.42})$$

Donde:

- ✓ H_l : Entalpia del liquido
- ✓ H_v : Entalpia del vapor saturado

$$H_c = C_p \times T \quad (\text{Ecuación 10.43})$$

Donde.

- ✓ C_p : Capacidad calorífica especifica del agua
- ✓ T : Temperatura final del hexano después del calentamiento

La entalpia del vapor, calculada mediante la ecuación 10.42, fue de 2 401,21 kJ/Kg a una presión de 35,10 kPa. Los valores de H_l y H_v a una temperatura de 74°C se determinaron mediante interpolación lineal, a partir de los datos correspondientes a las temperaturas de 70 y 75 °C, según la “*Tabla A.4.2: propiedades de vapor*”

saturado” (Singh & Heldman, 2009, pág. 515). En la siguiente figura, se presentan los cálculos realizados:

Figura D.14: Cálculo de la entalpía de vapor a una calidad de 90%

Entalpía del vapor del 90%			
Calidad del vapor (Xs)	90.00%		
Temperatura de vapor (Ts, °C)	74.00		
De tabla a una temperatura de 74 °C se obtiene que:			
Temperatura (°C)	Presion de vapor (kPa)	Hl (kJ/kg)	Hv (kJ/kg)
70	21.19	292.98	2,626.80
74	35.10	309.74	2,633.60
75	38.58	313.93	2,635.30
H (Kj/kg)	2,401.21		
$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}(x - x_0)$			

Nota. La figura muestra la tabla de resultado elaborada en Microsoft Excel para el cálculo de la entalpía de vapor. En la ecuación de interpolación lineal, las temperaturas se representan con la letra “x”, mientras que las variables a calcular (presión de vapor, Hc y Hv) se representan con la letra “y”. *Elaboración propia.*

El contenido de energía térmica del condensado que abandona el cambiador, calculada mediante la ecuación 10.43, fue de 288,86 kJ/Kg. El valor de la capacidad calorífica del agua a una temperatura de 69°C (temperatura final del hexano) se obtuvo mediante interpolación lineal, a partir de los datos correspondientes a las temperaturas de 65 y 70°C, según la “Tabla A.4.1: propiedades físicas del agua a la presión de saturación” (Singh & Heldman, 2009, pág. 514). En la siguiente figura, se presentan los cálculos realizados:

Figura D.15: Cálculo del contenido del Hc

Contenido de energía térmica del condensado que abandona el condensador	
De tabla se obtiene:	
Cp agua (Kj/kg°C)	4.186
Temperatura (°C)	Cp agua (kJ/Kg°C)
65	4.184
69	4.186
70	4.187
$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}(x - x_0)$	
Hc (kJ/kg)	288.86

Nota. La figura muestra la tabla de resultado elaborada en Microsoft Excel para el cálculo del Hc. En la ecuación de interpolación lineal, las temperaturas se representan con la letra “x”, mientras que el Cp del agua se representan con la letra “y”. *Elaboración propia*

Finalmente, con las entalpías calculadas (H y Hc), se puede determinar el flujo másico de vapor necesaria para calentar el hexano y llevar a cabo la extracción del aceite, mediante ecuación 10.41.

$$\dot{m}_s = \frac{3\,788,08 \text{ kJ/h}}{(2\,401,21 - 288,86) \text{ kJ/Kg}} = 1,79 \text{ Kg/h}$$

Energía requerida para la evaporación del hexano (separación hexano-aceite)

Como se indicó en la descripción del proceso, después de la extracción, se bombea al evaporador la miscela resultante de 23,97 Kg/h, compuesta por un 1,04% de aceite y un 98,96% de hexano. El calor requerido para el calentamiento de la miscela se calculó con la ecuación 10.40, siguiendo el mismo procedimiento. Para lo cual, fue necesario determinar la capacidad calorífica específica de la miscela mediante de la siguiente ecuación (Ramírez Romero, 2014, pág. 56):

$$C_p = C_{p \text{ hexano}} \cdot x_{\text{hexano}} + C_{p \text{ aceite}} \cdot x_{\text{aceite}} \quad (\text{Ecuación 10.44})$$

Donde:

- ✓ $C_{p \text{ hexano}} = 2,26 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$
- ✓ $C_{p \text{ aceite}} = 2,1 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$
- ✓ $x_{\text{hexano}} = 0,9896$ y $x_{\text{aceite}} = 0,0104$

La capacidad calorífica específica del aceite de maracuyá ($C_{p \text{ aceite}}$) es de $2,1 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$ (Universidad de Sonora, 1996). A partir de estos datos se calculó la capacidad calorífica de la miscela.

$$C_p = (2,26 \times 0,9894) \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C} + (2,1 \times 0,0104) \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 2,258 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

Al aplicar la ecuación 10,40 se obtuvo que la energía requerida para calentar la miscela es de 2 381,47 kJ/h.

El calor requerido para la evaporación del hexano se calculó utilizando la siguiente ecuación (Ramírez Romero, 2014, pág. 106):

$$Q_v = m_{\text{hexano}} \Delta_{\text{hexano}} \quad (\text{Ecuación 10.45})$$

Donde:

- ✓ Q_v : Calor latente de evaporización
- ✓ $m_{\text{hexano}} = m_{\text{miscela}} \times x_{\text{hexano}} = 23,72 \text{ Kg/h}$ (masa de hexano a evaporar)
- ✓ Δ_{hexano} : factor del calor latente de evaporización. Este es igual a 334,72 kJ/Kg (Ramírez Romero, 2014, pág. 56).

Con estos datos se calculó el calor latente de evaporización:

$$Q_v = 23,72 \text{ kg/h} \times 334,72 \text{ kJ/Kg}$$

$$Q_v = 7\,939,56 \text{ kJ/h}$$

La energía necesaria para recuperar el hexano, se determinó sumando el calor requerido para calentar la miscela y el calor latente de evaporación ($Q + Q_v$). Posteriormente, se dividió por la eficiencia del intercambiador de calor, establecida en un 85%. Como resultado, se obtuvo lo siguiente:

$$Q = \frac{(2\,381,47 + 7\,939,56) \text{ kJ/h}}{0,85} = 12\,142,39 \text{ kJ/h}$$

Para calcular el flujo másico de vapor requerido en esta segunda etapa, se sustituyó el valor obtenido $12\,142,39 \text{ kJ/h}$ en la ecuación 10.41, junto con los valores de H y el Hc, los cuales, son iguales que los calculados por las ecuaciones 10.42 y 10.43 en la etapa anterior. Al resolver estas operaciones, se obtuvo lo siguiente:

$$\dot{m}_s = \frac{12\,142,39 \text{ kJ/h}}{(2\,401,21 - 288,86) \text{ kJ/Kg}} = 5,75 \text{ Kg/h}$$

Finalmente, se calculó la capacidad del sistema de generación de vapor (potencia requerida), considerando que la energía total requerida por la caldera es la suma del calor necesario en ambas etapas del extractor. Además, se tomó en cuenta que el equipo deberá procesar en una sola operación un lote de torta equivalente a un día de operación de la planta (16 horas). La potencia requerida se calculó utilizando la equivalencia fue $1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$:

$$P = (3\,788,08 + 12\,142,39) \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \times 16 \text{ h} \times \frac{1 \text{ h}}{3,600 \text{ s}} = 70,80 \text{ kW}$$

Almacenamiento de producto final

Se determinó que la planta extractora produce 453,33 Kg/día de aceite de semillas de maracuyá, los cuales serán almacenados a 15°C , ingresando a una temperatura de $26,8^\circ\text{C}$. A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar la energía requerida en este proceso.

Datos:

- ✓ $m = 453,33 \text{ Kg/semana}$
- ✓ $T_0 = 26,8^\circ\text{C}$ y $T_f = 15^\circ\text{C}$
- ✓ $C_{p \text{ aceite}} = 2,1 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$

Con estos datos se calculó el calor sensible con la ecuación 10.40:

$$Q_s = (453,33 \text{ Kg/semana})(2,1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C})(26,8 - 15)^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 11\,233,52 \text{ kJ/semana}$$

La potencia requerida, se calculó considerando que $1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$:

$$P = 11\,233,52 \frac{\text{kJ}}{\text{semana}} \times \frac{1 \text{ semana}}{604\,800 \text{ s}} = 0,02 \text{ kW}$$

11.5. Anexo E: Fichas Ocupacionales

Tabla E.1: *Ficha ocupacional del gerente general*

Ficha ocupacional		No. ficha	01
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Gerente general	Ubicación:	Gerencia
Jefe superior inmediato	N/A	Salario:	U\$ 587,11
Cargos subordinados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gerente administrativo-financiero 2. Gerente de producción 3. Gerente de comercio 4. Jefe de servicios generales 5. Gerente de recursos humanos 		
Descripción general			
El gerente general dirige la planta para cumplir objetivos estratégicos, operativos y financieros, tomando decisiones clave sobre planificación, recursos, calidad y normativas. Se enfoca en la eficiencia y la satisfacción del cliente, con liderazgo, visión estratégica y conocimiento del sector.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar estrategias y tomar decisiones operativas y estratégicas para cumplir los objetivos de la planta. ✓ Presentar informes periódicos sobre rendimiento, finanzas y proyecciones a la junta directiva. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.2: *Ficha ocupacional del gerente administrativo-financiero*

Ficha ocupacional		No. ficha	2
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Gerente administrativo-financiero	Ubicación:	Administración y finanzas
Jefe superior inmediato	Gerente general	Salario:	U\$ 540,69
Cargos subordinados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jefe de contabilidad y finanzas 2. Jefe de compra y logística 		
Descripción general			
Supervisa y gestiona las finanzas de la empresa, garantizando la eficiencia en el uso de los recursos, el cumplimiento de obligaciones financieras y la sostenibilidad del negocio.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coordinar y supervisar las actividades, asegurando el cumplimiento de normativas. ✓ Gestionar el presupuesto, flujo de caja y optimización de recursos. Y elaborar informes. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.3: *Ficha ocupacional del jefe de contabilidad y finanzas*

Ficha ocupacional		No. ficha	03
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Jefe de contabilidad y finanzas	Ubicación	Administración-finanzas
Jefe superior inmediato	Gerente administrativo-financiero	Salario:	U\$ 464,23
Cargos subordinados	Contador		
Descripción general			
Gestiona los registros contables, elabora estados financieros y reportes, controla presupuestos y analiza datos para detectar mejoras. Su objetivo es optimizar recursos y apoyar decisiones estratégicas.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaborar y presentar estados financieros, presupuestos y reportes económicos. ✓ Dirigir y evaluar el desempeño del Contador y optimiza el uso de los recursos económicos. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.4: Ficha ocupacional del contador

Ficha ocupacional		No. ficha	04
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Contador	Ubicación:	Administrativo-financiero
Jefe superior inmediato	Jefe de contabilidad y finanzas	Salario:	U\$ 390,50
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
El contador registra, controla y analiza las operaciones contables, asegurando la precisión financiera, el cumplimiento tributario y colaborando en informes financieros.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestionar la facturación, cuentas por pagar y cuentas por cobrar. Optimiza procesos contables ✓ Realizar conciliaciones bancarias y Coordinar auditorías internas y externas. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.5: Ficha ocupacional del jefe de compra y logística

Ficha ocupacional		No. ficha	05
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Jefe de compra y logística	Ubicación:	Administrativo-financiero
Jefe superior inmediato	Gerente administrativo financiero	Salario:	U\$ 456,03
Cargos subordinados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprador 2. Responsable de almacenamiento e inventario 		
Descripción general			
Gestiona compras, almacenamiento y distribución de insumos para la planta. Asegura la disponibilidad de recursos, coordina con proveedores y optimiza la logística para una cadena de suministro eficiente.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestionar y coordinar las compras de insumos y materiales necesarios para la planta extractora. ✓ Planificar y coordinar el transporte y la logística de materiales y productos dentro de la planta. ✓ Asegurar el cumplimiento de normativas y procedimientos en los procesos de compras y logística. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.6: Ficha ocupacional del comprador

Ficha ocupacional		No. ficha	06
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Comprador	Ubicación:	Administrativo-financiero
Jefe superior inmediato	Jefe de compra y logística	Salario:	U\$ 352,27
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Adquiere insumos y materiales para la planta, asegurando calidad, costo y entrega oportuna. Coordina con proveedores y su superior la logística para garantizar condiciones adecuadas en la recepción de recursos.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Negociar precios, plazos de entrega y condiciones de compra con los proveedores. ✓ Coordinar con logística la entrega de los productos. ✓ Asegurar que los materiales adquiridos cumplan con los estándares de calidad requeridos. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.7: Ficha ocupacional de responsable de almacenamiento

Ficha ocupacional		No. ficha	07
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Responsable de almacenamiento e inventario		
Jefe superior inmediato	Jefe de compra y logística	Ubicación:	Transportar materia prima
Cargos subordinados	N/A	Salario:	U\$ 333,15
Descripción general			
Gestiona el almacenamiento y control de insumos, materiales y productos terminados. Asegura su correcta clasificación, seguimiento de existencias y uso eficiente del espacio.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisar la recepción, almacenamiento y distribución de los insumos y materiales en la planta. Y controlar el inventario. ✓ Organizar el almacenamiento de productos y materiales cumplan con los estándares de calidad y se mantengas en condiciones adecuadas. 			

Elaboración propia.

Tabla E.8: Ficha ocupacional del gerente de producción

Ficha ocupacional		No. ficha	08
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Gerente de producción	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Gerente general	Salario:	U\$ 546,15
Cargos subordinados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jefe de producción 2. Jefe de control de calidad 3. Electromecánico 		
Descripción general			
Supervisa y optimiza el proceso de producción, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento del producto final. Asegura eficiencia, calidad, cumplimiento de plazos y metas de producción.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisar y coordinar todas las actividades del proceso de producción, asegurando que se cumplan los objetivos de eficiencia y calidad. ✓ Desarrollar y ejecutar planes de producción, asegurando que los plazos de entrega y las especificaciones de calidad sean cumplidos. 			

Elaboración propia.

Tabla E.9: Ficha ocupacional del jefe de producción

Ficha ocupacional		No. ficha	09
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Jefe de producción	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Gerente de producción	Salario:	U\$ 469,69
Cargos subordinados	Operario		
Descripción general			
El jefe de producción coordina y supervisa las operaciones diarias, asegurando calidad, eficiencia y seguridad. Gestiona al personal, recursos y materiales, y vela por el cumplimiento de los plazos.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Asegurar que el equipo y las instalaciones de producción se mantengan en condiciones óptimas. ✓ Monitorear los indicadores de producción y calidad, tomando decisiones correctivas en caso de ser necesario. Y coordinar la capacitación del personal. 			

Elaboración propia.

Tabla E.10: Ficha ocupacional del operario de almacenamiento y transporte

Ficha ocupacional		No. ficha	10
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Operario de almacenamiento y transporte	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Jefe de producción	Salario:	U\$ 277,17
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Responsable de manejar, almacenar y transportar materias primas, insumos y producto terminado, dentro de la planta, siguiendo las normativas de seguridad y las buenas prácticas de manejo.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesar y almacenar la materia prima e insumos según la frecuencia de abastecimiento por el proveedor. Y transportar la materia prima al área de producción para su procesamiento. ✓ Cargar las cajas de producto final al camión encargado de su distribución al mercado meta. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.11: Ficha ocupacional de operario de selección

Ficha ocupacional		No. ficha	11
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Operario de selección	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Jefe de producción	Salario:	U\$ 259,42
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Inspecciona manualmente los frutos de maracuyá, asegurando que solo los de mejor calidad sean procesados y descartando los que no cumplen con las normas de calidad.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inspeccionar los frutos de maracuyá a lo largo de la cinta transportadora. Retirando los frutos que presentan signos de podredumbre, deterioro, plagas, daños. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.12: Ficha ocupacional del operario de prensado y filtrado

Ficha ocupacional		No. ficha	12
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Operario de prensado y filtrado	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Jefe de producción	Salario:	U\$ 263,65
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Opera y supervisa los equipos de extracción de aceite de semilla de maracuyá, asegurando que se sigan los parámetros técnicos, manteniendo calidad, eficiencia y cumpliendo con las normas de seguridad.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operar la prensa de tornillo para la extracción de aceite. Y registra la cantidad procesada. ✓ Realizar la limpieza diaria de los equipos de prensado y filtrado para garantizar su buen funcionamiento, prolongar su vida útil y dejarlos listos para su uso al día siguiente. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.13: Ficha ocupacional del operario de extracción por solvente

Ficha ocupacional		No. ficha	13
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Operario de extracción por solvente	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Jefe de producción	Salario:	U\$ 267,61
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Opera y supervisa los equipos de extracción de aceite de semilla de maracuyá con solventes, asegurando calidad, cumplimiento de normativas de seguridad y optimización del proceso.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operar los equipos de extracción por solvente y monitorea el flujo de solvente y la cantidad de semilla de maracuyá procesada. ✓ Registrar los datos operativos para realizar informes y reportar cualquier anomalía al jefe de producción. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.14: Ficha ocupacional del operario general

Ficha ocupacional		No. ficha	14
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Operario general	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Jefe de producción	Salario:	U\$ 251,23
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Ejecuta diversas tareas en el proceso de producción, como lavado, despulpado, limpieza de semillas, secado, clasificación y envasado del aceite. Sigue procedimientos establecidos para asegurar calidad, seguridad y eficiencia operativa en cada etapa.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operar el equipo de secado para reducir la humedad de las semillas, preparándolas para el proceso de extracción, asegurando que se cumpla el tiempo y la temperatura establecidos. ✓ Supervisar el proceso de envasado, asegurando que las etiquetas se coloquen correctamente y que el producto se embale en cajas según las especificaciones de calidad. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.15: Ficha ocupacional del jefe de control de calidad

Ficha ocupacional		No. ficha	15
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Operario de jefe de control de calidad	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Gerente de producción	Salario:	U\$ 443,75
Cargos subordinados	Analista de control de calidad		
Descripción general			
Supervisar y coordinar el control de calidad en la producción de aceite de semilla de maracuyá, asegurando que el producto final cumpla con los estándares de calidad y normativas de seguridad.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisar la calidad en todas las etapas de producción desde la materia prima hasta el producto final. ✓ Implementar acciones correctivas y preventivas para mejorar los procesos de producción y mantener los estándares de calidad. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.16: *Ficha ocupacional del analista de control de calidad*

Ficha ocupacional		No. Ficha	16
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Analista de control de calidad	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Jefe de control de calidad	Salario:	U\$ 386,40
Cargos subordinados	Analista de control de calidad		
Descripción general			
Apoya al jefe de Control de Calidad en la supervisión y ejecución de las actividades de control en el proceso de extracción, garantizando que los productos cumplan con los estándares establecidos.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar las pruebas de calidad en materias primas, productos intermedios y finales. ✓ Registrar y reportar los resultados de las pruebas de calidad realizadas. 			
Elaboración propia.			

Tabla E.17: *Ficha ocupacional del electromecánico*

Ficha ocupacional		No. ficha	17
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Electromecánico	Ubicación:	Producción
Jefe superior inmediato	Gerente de producción	Salario:	U\$ 409,61
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Es responsable del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos eléctricos y mecánicos de la planta. Diagnostica fallas, asegura el cumplimiento de estándares de calidad y seguridad, y contribuye a la continuidad y eficiencia de la producción.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisar la instalación de nuevos equipos y garantizar el funcionamiento. ✓ Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad industrial y buenas prácticas de manufactura, 			
Elaboración propia.			

Tabla E.18: *Ficha ocupacional del gerente de comercio*

Ficha ocupacional		No. ficha	18
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Gerente de comercio	Ubicación:	Comercio
Jefe superior inmediato	Gerente general	Salario:	U\$ 524,30
Cargos subordinados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vendedor 2. Responsable de marketing 		
Descripción general			
Dirige y coordina el equipo de comercio para cumplir las metas comerciales, impulsando la venta de aceite de maracuyá y fortaleciendo la presencia de la empresa en el mercado.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Negociar con clientes claves para garantizar las relaciones comerciales y duraderas. ✓ Analizar las tendencias del mercado y el comportamiento de los clientes para ajustar las estrategias comerciales. 			
Elaboración propia.			

Tabla E.19: Ficha ocupacional del vendedor

Ficha ocupacional		No. ficha	19
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Vendedor	Ubicación:	Comercio
Jefe superior inmediato	Gerente de comercio	Salario:	U\$ 309,94
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Debe promocionar y comercializar el aceite de maracuyá, brindando una atención personalizada y asegurando la satisfacción del cliente para incrementar las ventas y fidelizar consumidores.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar ventas directas y registrar las transacciones en el sistema. ✓ Gestionar pedidos, coordinar entregas y realizar seguimiento para la satisfacción del cliente. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.20: Ficha ocupacional del responsable de marketing

Ficha ocupacional		No. ficha	20
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Responsable de marketing	Ubicación:	Comercio
Jefe superior inmediato	Gerente de comercio	Salario:	U\$ 294,92
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Es el encargado de diseñar, implementar y supervisar las estrategias de marketing de la empresa, con el fin de promover el producto, aumentar la visibilidad de la marca y generar ventas.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desarrollar e implementar estrategias de marketing para promover productos o servicios. ✓ Coordinar campañas publicitarias a través de diversos canales, como redes sociales, correo electrónico y medios tradicionales. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.21: Ficha ocupacional del jefe de servicios generales

Ficha ocupacional		No. ficha	21
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Jefe de servicios generales	Ubicación:	Servicios generales
Jefe superior inmediato	Gerente general	Salario:	U\$ 337,25
Cargos subordinados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conductor 2. Vigilante 3. Personal de limpieza 		
Descripción general			
Supervisa las actividades de limpieza, seguridad y transporte, coordinando y dirigiendo al equipo (conductor, vigilante y personal de limpieza) para asegurar que todas las tareas se realicen eficientemente y cumplan con los estándares de la empresa.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisar y coordinar las actividades del conductor, vigilante y personal de limpieza para garantizar que se cumplan las tareas asignadas de forma eficiente. ✓ Gestionar la eliminación de residuos y mantener un ambiente de trabajo organizado y libre de desechos. Y realizar informes. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.22: Ficha ocupacional del conductor

Ficha ocupacional		No. ficha	22
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Conductor	Ubicación:	Servicios generales
Jefe superior inmediato	Jefe de servicios generales	Salario:	U\$ 248,50
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Es responsable de transportar materia prima, insumos, personal y producto final de manera segura y eficiente, cumpliendo con las normas de tráfico y las políticas de la planta.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transportar las materias primas, insumos o personas de acuerdo a las rutas y horarios establecidos. ✓ Verificar las cargas y descargas de las materias primas asegurando que se entreguen correctamente. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.23: Ficha ocupacional del vigilante

Ficha ocupacional		No. ficha	23
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Vigilante	Ubicación:	Servicios generales
Jefe superior inmediato	Jefe de servicios generales	Salario:	U\$ 243,04
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Garantiza la seguridad de las instalaciones, controlando el acceso y vigilando para prevenir robos, accidentes u otros incidentes que puedan poner en riesgo al personal y a la empresa.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Controlar y registrar el acceso y salida del personal, materiales y vehículos en la planta. ✓ Reportar cualquier incidente o situación sospechosa al supervisor correspondiente. ✓ Verificar el cumplimiento de las normas de seguridad y evacuación en caso de emergencia. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.24: Ficha ocupacional del personal de limpieza

Ficha ocupacional		No. ficha	24
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Personal de limpieza	Ubicación:	Servicios generales
Jefe superior inmediato	Jefe de servicios generales	Salario:	U\$ 238,94
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Mantiene las instalaciones de la planta en condiciones higiénicas adecuadas, asegurando que las áreas de trabajo, equipos y herramientas estén libres de contaminantes y cumplan con las normativas de higiene y seguridad alimentaria.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpiar y desinfectar las áreas de producción y mantenimiento. ✓ Supervisar el estado de los productos de limpieza y hacer reposiciones cuando sea necesario. 			
<i>Elaboración propia.</i>			

Tabla E.25: Ficha ocupacional del gerente de recursos humanos

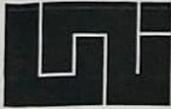
Ficha ocupacional		No. ficha	25
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Gerente de recursos humanos	Ubicación:	Recursos humanos
Jefe superior inmediato	Gerente general	Salario:	U\$ 505,19
Cargos subordinados	Asistente de recursos humanos		
Descripción general			
Gestiona y dirige las funciones de recursos humanos, asegurando la contratación, formación y retención de personal calificado, promoviendo un ambiente laboral positivo y garantizando el cumplimiento de normativas laborales y políticas internas.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisar el reclutamiento y selección del personal para asegurar la contratación de candidatos adecuados. ✓ Administrar los beneficios y compensaciones de la persona, incluyendo vacaciones, seguros y otras prestaciones. 			

Elaboración propia.

Tabla E.26: Ficha ocupacional del asistente de recursos humanos

Ficha ocupacional		No. ficha	26
		Fecha	03/03/2025
Nombre del cargo	Asistente de recursos humanos	Ubicación:	Recursos humanos
Jefe superior inmediato	Gerente de recursos humanos	Salario:	U\$ 286,73
Cargos subordinados	N/A		
Descripción general			
Apoya en la gestión administrativa de recursos humanos, colaborando en reclutamiento, selección, administración de personal y bienestar laboral, asegurando el cumplimiento de políticas internas y procedimientos establecidos.			
Funciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apoyar el proceso de reclutamiento y selección del personal, desde la publicación de vacantes hasta la entrevista inicial. ✓ Gestionar entrega de documentos a los empleados como contratos, pólizas de servicios entre otros beneficios. 			

Elaboración propia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA
SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADÉMICO 2025

No. Recibo

No. Inscripción **351**

NOMBRES Y APELLIDOS: Claudia Deniss Moreira Zepeda

CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA

CARNET: 2019-0876U

TURNO: Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE 2025

FECHA: 12/02/2025

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1						
	----- ULTIMA LINEA -----					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

USER_ONLINE

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 02-abr.-2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
AREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA**

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA** hace constar que:

MOREIRA ZEPEDA CLAUDIA DENISS

Carné: **2019-0876U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA QUÍMICA**, en el año 2024 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de enero del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

Helia Vanessa Taleno
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA
 SECRETARÍA DE ÁREA ACADÉMICA

HOJA DE MATRICULA
 AÑO ACADEMICO 2025

No. Recibo _____ No. Inscripción **354**

NOMBRES Y APELLIDOS: Juhaziel Jireh Cruz Pérez

CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA CARNET: 2019-0960U TURNO: Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 2015 SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE 2025 FECHA: 12/02/2025

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

USER_ONLINE
 GRABADOR

[Handwritten Signature]

FIRMA Y SELLO DEL
 FUNCIONARIO



[Handwritten Signature]

FIRMA DEL
 ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 04-abr.-2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
AREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA**

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA** hace constar que:

CRUZ PÉREZ JUHAZIEL JIREH

Carné: **2019-0960U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA QUÍMICA**, en el año 2024 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los tres días del mes de febrero del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,



H Taleno

Helia Vanessa Taleno Oporta
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA