

Área de Conocimiento de Agricultura

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁTANO VERDE PARA CHIPS, HARINA Y SUBPRODUCTOS FUNCIONALES

Proyecto de graduación para optar al título de
Ingeniero Químico

Elaborado por:

Tutor:

Br. Alanis Paola
Espinoza Guido
Carné: 2016-1012U

Br. Amanda Goretti
Briceño Martínez
Carné: 2016-0643U

Br. María Lily Pérez
Gómez
Carné: 2015-0412U

Lic. Katherine Elena
Maldonado Corea

04 de mayo de 2026
Managua, Nicaragua

Managua, 30 de abril de 2026

MSc. José Mamerto Méndez Úbeda

Director del Área de Conocimiento de Agricultura

DACA – UNI

Estimado Dir. Méndez Úbeda, reciba un cordial saludo de mi parte.

Por medio de la presente, hago constar que he realizado el seguimiento, asesoría y revisión en calidad de tutor del Proyecto de Graduación titulado: **“ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁTANO VERDE PARA CHIPS, HARINA Y SUBPRODUCTOS FUNCIONALES”**.

En tal sentido, considero que el trabajo cumple con los requisitos académicos y metodológicos establecidos, por lo que solicito se autorice su presentación para la realización de la defensa.

El trabajo ha sido desarrollado por los bachilleres:

Br. Alanis Paola Espinoza Guido

Carné: 2016-1012U

Br. Amanda Goretti Briceño Martínez

Carné: 2016-0643U

Br. María Lily Pérez Gómez

Carné: 2015-0412U

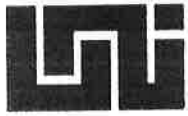
Sin nada más a que referirme, me despido, deseándole éxitos en sus funciones.

Atentamente,


Lic. Katherine Elena Maldonado Corea

Tutor

Programa Académico Ingeniería Química



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

REF.DACA.FCE.022.2026
Managua, 12 de enero del 2026

Bachilleres

**AMANDA GORETTI BRICEÑO MARTÍNEZ / 2016-0643U
ALANÍS PAOLA ESPINOZA GUIDO / 2016-1012U
MARÍA LILY PÉREZ GÓMEZ / 2015-0412U**

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarle que el Tema y Objetivos de su Proyecto de Graduación, ha sido aprobado por la Dirección del Área de Conocimiento de Agricultura, según se describe a continuación:

TEMA:

“ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁTANO VERDE PARA CHIPS, HARINA Y SUBPRODUCTOS FUNCIONALES”.

OBJETIVOS:

General:

Proponer una planta agroindustrial para procesar plátano verde en chips, harina y subproductos funcionales, orientada a la agregación de valor y la reducción de pérdida pos cosechas.

Específicos:

1. Analizar la disponibilidad y estacionalidad del plátano en zonas productoras del país a fin de determinar la mejor localización de la planta.
2. Desarrollar el diagrama de bloque del proceso para la obtención de chips, harina y subproductos funcionales.
3. Estimar capacidades y seleccionar equipos claves para el proceso.
4. Realizar un análisis preliminar de viabilidad financiera mediante indicadores básicos, (VPN, TIR, punto de equilibrio).
5. Proponer estrategias de sostenibilidad y aprovechamiento de residuos generados en el proceso.



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

Asimismo, le comunico estar totalmente de acuerdo, que la **Lic. Katherine Elena Maldonado Corea**, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presente concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **28 de febrero del 2026**.

Esperando puntualidad en la entrega del Proyecto de Graduación, me despido.

Atentamente,



MSc. José Mamerto Méndez Úbeda
Director de Área de Conocimiento de Agricultura
DACA

Lic. Katherine Elena Maldonado Corea / Tutor
MSc. Helia Vanessa Taleno Oporta / Secretaria Académica DACA

C/c: Archivo

RESUMEN

Este estudio de prefactibilidad técnica y económica propone la instalación de una planta agroindustrial procesadora de plátano verde (*Musa x paradisiaca*) en Belén, Rivas. El proyecto se centra en la transformación industrial de la materia prima en tres líneas de valor: chips, harina y ensilaje para consumo pecuario, bajo un modelo de economía circular que aprovecha el 100% de la cáscara generada para mitigar el impacto ambiental y diversificar los ingresos operativos.

La planta está dimensionada para una capacidad de diseño de 350 kg/h, operando durante 268 días laborales al año. Con una eficiencia del sistema del 90%, se proyecta el procesamiento anual de 750,400 kg de fruta fresca, lo que resulta en una producción comercializable total de 248,103.68 kg/año. Este volumen final se desglosa en 62,283.20 kg de chips, 45,581.44 kg de harina y 140,239.04 kg de alimento para ganado.

La implementación del proyecto requiere una inversión inicial de USD 830,282.00, compuesta por USD 495,000.00 en activos fijos inmuebles e infraestructura y USD 335,282.00 en maquinaria de proceso. Bajo una TMAR del 15%, la evaluación financiera proyectada a cinco años arroja indicadores de rentabilidad excepcionales. El Valor Presente Neto (VPN) se sitúa en USD 761,355, mientras que la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza el 48.7%, superando significativamente el costo de oportunidad del capital. El Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) se estima en apenas 1.8 años, con una Relación Beneficio-Costo (B/C) de 1.92, lo que indica que por cada dólar invertido se generan USD 1.92 en beneficios descontados.

El análisis del punto de equilibrio determinó que la planta debe comercializar 103,405 kg anuales para cubrir sus costos totales, lo cual representa el 41.7% de su capacidad real instalada, garantizando un robusto margen de seguridad operativa. Socialmente, la iniciativa generará 31 empleos directos y fortalecerá la cadena de valor local mediante vínculos estratégicos con productores de la zona. En conclusión, el estudio demuestra que la industrialización del plátano verde es técnica y financieramente viable, posicionándose como una oportunidad competitiva ante la demanda de snacks saludables y productos libres de gluten.

ABSTRACT

This technical and economic prefeasibility study proposes the installation of an agro-industrial plant for processing green plantain (*Musa × paradisiaca*) in Belén, Rivas. The project focuses on the industrial transformation of raw materials into three value-added product lines: chips, green flour, and silage for livestock consumption, under a circular economy model that utilizes 100% of the generated peel to mitigate environmental impact and diversify operational revenues.

The plant is designed with a processing capacity of 350 kg/h, operating 268 working days per year. With a system efficiency of 90%, the project estimates an annual processing volume of 750,400 kg of fresh fruit, resulting in a total commercialize production of 248,103.68 kg per year. This final volume is distributed as 62,283.20 kg of chips, 45,581.44 kg of green plantain flour, and 140,239.04 kg of livestock feed.

The implementation of the project requires an initial investment of USD 830,282.00, consisting of USD 495,000.00 in fixed assets, buildings, and infrastructure, and USD 335,282.00 in processing machinery. Under a Minimum Acceptable Rate of Return (MARR) of 15%, the five-year financial evaluation yields highly favorable profitability indicators. The Net Present Value (NPV) reaches USD 761,355, while the Internal Rate of Return (IRR) reaches 48.7%, significantly exceeding the opportunity cost of capital. The Payback Period (PP) is estimated at 1.8 years, with a Benefit–Cost Ratio (B/C) of 1.92, indicating that for every dollar invested, USD 1.92 in discounted benefits are generated.

The break-even analysis determined that the plant must commercialize 103,405 kg annually to cover its total costs, representing 41.7% of its actual installed capacity, thereby ensuring a strong operational safety margin. Socially, the initiative will generate 31 direct jobs and strengthen the local value chain through strategic partnerships with producers in the region. In conclusion, the study demonstrates that the industrialization of green plantain is technically and financially viable, positioning itself as a competitive opportunity in response to the growing demand for healthy snacks and gluten-free products.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL.....	3
2.1.	Estado actual del tema a nivel nacional e internacional	3
2.2.	Referentes académicos y proyectos previos.....	3
2.3.	Marco jurídico, normativo e institucional	5
2.4.	Normas y estándares de referencia	6
III.	OBJETIVOS.....	7
3.1.	Objetivo General.....	7
3.2.	Objetivos Específicos	7
IV.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	8
4.1.	Naturaleza o tipología del proyecto.....	8
4.2.	Localización geográfica y contexto socioeconómico	9
4.3.	Usuarios, destinatarios o protagonistas	9
4.4.	Alcances y limitaciones explícitas	10
V.	FUNDAMENTOS TÉCNICOS.....	12
5.1.	Generalidades del plátano verde	12
5.1.1.	Plátano (Musa x paradisiaca)	12
5.1.2.	Aspectos botánicos del plátano verde	12
5.1.3.	Propiedades y composición nutricional del plátano verde	13
5.1.4.	Usos y beneficios del plátano verde	13
5.2.	Proceso tecnológico para la obtención de chips, harina y alimento para ganado a partir del plátano verde.....	14
5.2.1.	Primera etapa del proceso (bloque común de operaciones)	14
5.2.2.	Proceso de elaboración de chips	15
5.2.3.	Proceso de elaboración de harina	16
5.2.4.	Etapas del proceso para la obtención de alimento para ganado como subproducto funcional.....	16
5.3.	Estudio técnico	18

5.3.1.	Tamaño y capacidad de la planta	18
5.3.2.	Localización de la planta	18
5.3.3.	Distribución de la planta, higiene e inocuidad	19
5.4.	Estudio económico	19
5.4.1.	Inversión del proyecto.....	19
5.4.2.	Costos de operación.....	19
5.4.3.	Punto de equilibrio	20
5.4.4.	Evaluación financiera (VPN, TIR y TMAR).....	20
5.5.	Estrategia de sostenibilidad y aprovechamiento de residuos generados en el proceso	20
VI.	METODOLOGÍA	22
6.1.	Estudio técnico	22
6.1.1.	Análisis de disponibilidad, estacionalidad y localización de la planta	22
6.1.2.	Definición del proceso productivo y diagramas de bloques.....	23
6.1.3.	Estimación de capacidad de planta y selección de equipos.....	24
6.1.4.	Estructura de la planta.....	26
6.2.	Estudio económico-financiero.....	26
6.3.	Evaluación de sostenibilidad y aprovechamiento de residuos.....	27
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
7.1.	Estudio técnico	29
7.1.1.	Localización de la planta	29
7.1.2.	Capacidad de diseño	32
7.1.3.	Proceso productivo.....	34
7.1.4.	Requerimientos tecnológicos	39
7.1.5.	Distribución de la planta	47
7.1.6.	Obras Civiles	48
7.1.7.	Planificación de talento humano	53
7.2.	Estudio económico	57
7.2.1.	Costos	57

7.2.2.	Depreciación de activos fijos	58
7.2.3.	Cálculo de la depreciación anual	58
7.2.4.	Análisis del punto de equilibrio	59
7.2.5.	Evaluación financiera y flujo de caja proyectado.....	62
7.2.6.	Análisis y memorias de cálculo de los indicadores de rentabilidad	63
7.3.	Evaluación técnica del aprovechamiento de subproductos	65
VIII.	CONCLUSIONES	67
IX.	RECOMENDACIONES	68
X.	REFERENCIAS	69
XI.	ANEXOS	74
11.1.	Anexos A: Balances de materia y energía.....	74
11.2.	Anexo B: Fichas técnicas de los equipos	83
11.3.	Anexos C: costos	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de micro localización y ponderación	30
Tabla 2: Calificación y asignación cualitativa.....	30
Tabla 3: Resultados de la micro localización por el método cualitativo por puntos	31
Tabla 4: Producción anual real.....	34
Tabla 5: Balance de materia de chips (60%)	35
Tabla 6: Proyección de chips	35
Tabla 7: Balance de harina (40%)	35
Tabla 8: Proyección harina.....	36
Tabla 9: Balance de materia de alimento para ganado.....	36
Tabla 10: Proyección alimento para ganado	36
Tabla 11: Balance de energía chips	37
Tabla 12: Balance de energía harina.....	37
Tabla 13: Requerimientos de equipos del proceso productivo.....	40
Tabla 14: Requerimientos de equipos de manipulación	40
Tabla 15: Requerimientos de equipos de transporte	41
Tabla 16: Requerimientos de materia prima 2026-2031	41
Tabla 17: Requerimientos de insumos 2026-2031	41
Tabla 18: Requerimientos de empaque 2026-2031	41
Tabla 19: Requerimientos de embalaje 2026-2031	42
Tabla 20: Requerimientos de equipos del laboratorio.....	42
Tabla 21: Requerimientos de instrumentos del laboratorio	42
Tabla 22: Requerimientos de equipos mobiliarios del área administrativa.....	43
Tabla 23: Requerimientos de equipos mobiliarios de la oficina de producción	43
Tabla 24: Requerimientos de materiales y equipos del área de servicios sanitarios.....	44
Tabla 25: Requerimientos de agua 2026-2031.....	44
Tabla 26: Requerimiento de Combustible.....	44
Tabla 27: Requerimientos energéticos de los equipos de proceso	45
Tabla 28: Requerimientos energéticos de los equipos del laboratorio de control de calidad.....	45
Tabla 29: Requerimientos energéticos de los equipos mobiliarios del área administrativa ...	46
Tabla 30: Requerimientos energéticos de equipos mobiliarios de la oficina de producción ..	46

Tabla 31: Requerimientos indirectos	46
Tabla 32: Simbología	47
Tabla 33: Distribución total de la planta por área.....	53
Tabla 34: Inversión en activos fijos inmuebles.....	53
Tabla 35: Personal operativo.....	55
Tabla 36: Planilla anual estimada de personal (USD).....	56
Tabla 37: Resumen de depreciación anual de activos fijos	58
Tabla 38: Proyecciones de producción, ingresos y costos totales	61
Tabla 39: Flujo de caja neto proyectado (USD).....	62
Tabla 40: Ficha técnica de los equipos del proceso productivo	83
Tabla 41: Costos equipos del proceso	87
Tabla 42: Costos equipos de manipulación	87
Tabla 43: Costos equipos de transporte	88
Tabla 44: Costos de materia prima.....	88
Tabla 45: Costos de insumos	88
Tabla 46: Costos de empaque para el año 2026	89
Tabla 47: Costos de empaque 2026-2031.....	89
Tabla 48: Costos de embalaje para el año 2026	89
Tabla 49: Costos de embalaje 2026-2031	89
Tabla 50: Costos de equipos de laboratorio	89
Tabla 51: Costos de instrumentación de laboratorio.....	90
Tabla 52: Costos de equipos área administrativa	90
Tabla 53: Costos de servicios sanitarios	91
Tabla 54: Costos del servicio de agua.....	91
Tabla 55: Costos del combustible.....	91
Tabla 56: Costos de requerimientos indirectos.....	92
Tabla 57: Costos de electricidad anuales (Tarifa \$0.18/kWh).....	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Micro localización de la planta de procesamiento de plátano verde	31
Figura 2. Diagrama de bloques del proceso productivo de chips y harina de plátano verde.	38
Figura 3. Diagrama de bloques del proceso productivo de alimento para ganado.....	39
Figura 4. Diagrama SLP	48
Figura 5. Organigrama del personal.....	55
Figura 6. Gráfico del punto de equilibrio.....	61

I. INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa x paradisiaca*) constituye uno de los cultivos de mayor importancia económica y social en los países tropicales, debido a su alta disponibilidad, valor nutricional y versatilidad para el procesamiento agroindustrial. En Nicaragua, este cultivo representa una materia prima estratégica con potencial para la generación de valor agregado, particularmente mediante su transformación en productos alimenticios con mayor vida útil y mayor valor comercial (Marcelino y otros, 2012).

En los últimos años, el mercado alimentario ha evidenciado un crecimiento sostenido en la demanda de productos procesados saludables, libres de gluten y con propiedades funcionales (proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales), impulsado por cambios en los hábitos de consumo y una mayor conciencia sobre la nutrición y la salud (Global Growth Insights, 2025).

En este contexto, los chips y la harina, han cobrado relevancia por su contenido de almidón resistente, fibra dietaria y compuestos bioactivos, los cuales los posicionan como ingredientes funcionales con aplicaciones en la industria de snacks, panificación y alimentos fortificados (Dussán-Sarria, 2017).

El procesamiento del plátano verde mediante operaciones como el lavado, corte, secado, fritura y molienda requiere un control riguroso de las variables operativas, ya que estas influyen directamente en la calidad sensorial, estabilidad y aceptación del producto final. Estudios previos señalan que parámetros como el espesor de corte, el porcentaje de humedad extraída durante el secado y la temperatura de fritura son determinantes para obtener productos con adecuada textura, color y crocancia (Mermelstein, 2013).

Asimismo, la producción de chips de plátano se presenta como una alternativa viable frente a los snacks tradicionales, debido a su aceptación por parte de los consumidores y a su percepción como una opción más saludable. Investigaciones recientes evidencian una alta disposición del mercado a sustituir productos convencionales, como las papas fritas, por snacks elaborados a partir de frutas y tubérculos con mejores perfiles nutricionales (Bejarano, 2024).

Desde el punto de vista económico y productivo, la implementación de una planta de procesamiento de plátano permite reducir pérdidas poscosecha, diversificar la oferta agroindustrial y fortalecer las cadenas de valor locales. Además, el aprovechamiento integral

del plátano posibilita la obtención de subproductos funcionales que pueden ser destinados a distintos sectores industriales, contribuyendo a la sostenibilidad y rentabilidad del sistema productivo (Latorre, 2021).

En este contexto, el proyecto tiene como finalidad la elaboración de un estudio técnico-económico de una planta de procesamiento de plátano verde para la obtención de chips, harina y alimento para ganado, integrando criterios técnicos, productivos y económicos. El estudio busca aportar bases científicas y tecnológicas que respalden la viabilidad del proyecto y fomenten el desarrollo agroindustrial mediante el aprovechamiento eficiente de una materia prima abundante y estratégica.

II. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

2.1. Estado actual del tema a nivel nacional e internacional

A nivel nacional en los últimos años, el cultivo del plátano verde ha mostrado la capacidad de sufrir una transformación productiva, mediante la incorporación de nuevas tecnologías. De acuerdo con el Ministerio Agropecuario (MAG), entre el período de enero a noviembre 2024 se registró una producción de 252.8 millones de unidades en la zona del pacífico sur-oeste del país. Los principales departamentos productores son Rivas, Masaya, Managua, Granada y Carazo. Las principales variedades que se cultivan son el cuerno gigante, cuerno enano y censa (Ministerio Agropecuario, 2024).

“El 88% de la recepción de plátano es destinado hacia Honduras, Costa Rica y el Salvador (plátano sin cáscara) y 12% al mercado nacional (plátano sin cáscara y plátano fresco con cáscara)” (El 19 Digital, 2025).

A pesar de la gran cantidad de plátanos que se cultiva en el país, no se le da valor agregado industrialmente, solo de manera artesanal, por lo que no hay cifras registradas hasta el momento. Actualmente no existe desarrollo industrial significativo en este sector. Solo se tienen registros de algunas tesis a nivel nacional en donde se propone procesar el plátano para la obtención de harina, estas tesis se mencionan en el acápite de referentes académicos y proyectos previos. Internacionalmente apenas el 20% del plátano es utilizado para producir algún subproducto, debido a la alta cantidad de desechos sólidos que genera, también es aprovechado para producir biomasa (Acevedo y otros, 2021).

2.2. Referentes académicos y proyectos previos

1. (Torres y Contreras, 2020). ***Proceso de Elaboración y comercialización de harina artesanal de plátano (Musa x paradisiaca) en el barrio Guanuca, departamento de Matagalpa, en el período 2019-2020.*** De acuerdo a este estudio, el barrio Guanuca posee 35% de pobreza extrema, por lo tanto, esta investigación surge como una respuesta a la situación económica – social de los pobladores del barrio Guanuca en Matagalpa, por lo que, con la instalación de esta planta de harina artesanal de plátano, se busca generar empleos y producir un producto con alto contenido nutricional y a bajo costo para el beneficio de la población. En esta tesis, se determinó la rentabilidad del negocio por medio de los indicadores financieros VAN de \$ 2,594.19, TIR de

32.39%, Relación B/C de \$1.18 dólares y PRI de 3.09 años. Por tanto, se demostró la viabilidad comercial, operacional, organizativa y financiera del proyecto.

2. (Torres y otros, 2022). ***Estudio a nivel de prefactibilidad para la producción de harina a partir del plátano de segunda como opción de alimento saludable para el segmento de mercado del Distrito V de Managua, durante el período comprendido de marzo a noviembre del 2022.*** Esta investigación es una propuesta para producir a gran escala harina de plátano de segunda, y como una opción nutricional saludable. En conclusión, este proyecto demostró una aceptación de mercado de 89.2%. Se pretende producir 151,552 kg de harina mensualmente, resultando un negocio rentable en el mercado nicaragüense ya que la harina es un producto que forma parte de la canasta básica de la población. En el estudio económico y financiero se obtuvo que el VAN es de C\$1,134,780.61, una Tasa Interna de Retorno de un 57% frente a una Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento de un 25% y un periodo de recuperación al 2 años, 1 mes y 3 días, también se comparó las ganancias si el proyecto es sin financiamiento, obteniendo que el VAN es de C\$1,493,288.97, una Tasa Interna de Retorno de un 57% frente a una Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento de un 21% y un periodo de recuperación al 5 años, 8 meses y 26 días.
3. (Baldeón y Mosquera, 2022). ***Diseño de una planta de harina de plátano para la elaboración de productos con alto valor nutricional.*** Esta investigación tiene como objetivo producir harina a partir del plátano como una contribución para combatir a la desnutrición que presentan muchos niños en Ecuador, ya que las propiedades de la harina de plátano prometen ser de alto valor nutricional y a costos bajos para la población de bajos recursos económicos. Concluyendo que la harina de plátano es rentable económicamente en la producción y además aporta un beneficio social a la población de Guayaquil, Ecuador.
4. (Bejarano, 2024). ***Production of chips green banana.*** La tesis fue orientada a determinar la viabilidad técnica, experimental y de mercado para la producción de chips de plátano verde elaborados a partir de la variedad ecuatoriana Barraganete. El estudio se estructura en tres componentes principales: fundamentación teórica, experimentación del proceso productivo y evaluación de la aceptación del producto en el mercado objetivo. Como conclusión, se lleva a cabo un análisis de mercado que evidencia un interés creciente por snacks alternativos y productos de origen vegetal.

Los resultados muestran que los chips de plátano verde poseen un nivel favorable de aceptación entre los consumidores consultados, lo que confirma la oportunidad comercial del producto. Por lo tanto, se demuestra que la producción de chips de plátano verde es técnicamente viable y presenta potencial competitivo dentro del segmento de snacks innovadores.

2.3. Marco jurídico, normativo e institucional

El desarrollo del proyecto se enmarca en un ordenamiento legal robusto, vigente al 2025:

- Ley N.° 217 Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Asamblea Nacional, 1996, con reformas 2020). Establece los principios de prevención, responsabilidad y sostenibilidad, y exige licencia ambiental previa para actividades industriales generadoras de efluentes (Art. 58).
- Ley N.° 645 Ley de Fomento a la Producción Nacional (2018). Ofrece incentivos fiscales (exención parcial de impuestos municipales e IVA) para micro y pequeñas agroindustrias rurales que generen empleo local.
- Decreto N.° 45-2011 Reglamento de la Ley 217 (MARENA, 2011). Regula los estudios de impacto ambiental y los planes de manejo para proyectos de mediano impacto (Clasificación Categoría II).

A nivel normativo, son obligatorias las siguientes normas técnicas nicaragüenses (NTON), vigentes y sin modificaciones sustanciales desde su publicación:

- NTON 03-071-04 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la industria alimentaria (INN/MIFIC, 2004). Exige diseño de planta por zonas, control de plagas, higiene del personal y trazabilidad. Aunque su fecha supera los 10 años, su vigencia es plena y ha sido actualizada mediante circulares técnicas del MIFIC (2023).
- NTON 05-014-02 Normas para el tratamiento y vertido de aguas residuales industriales (MARENA, 2002). Establece límites máximos permisibles: $\text{DBO}_5 \leq 150 \text{ mg/L}$, $\text{SST} \leq 100 \text{ mg/L}$, pH entre 6,0 y 9,0.

Las instituciones rectoras son:

- a) Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA): otorga licencia ambiental y supervisa cumplimiento de efluentes.

- b) Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA): verifica inocuidad de materia prima y procesos.
- c) Ministerio de Salud (MINSA): emite permiso sanitario para comercialización de productos comestibles
- d) Ministerio de Fomento, Industria y comercio (MIFIC): registra la empresa agroindustrial y otorga certificación de “Producto Artesanal Nacional”.

2.4. Normas y estándares de referencia

Además de las normas nacionales, se adoptan como estándares de referencia voluntarios los siguientes marcos internacionales, para facilitar futura certificación y exportación:

- ISO 22000:2018: Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. Se implementará progresivamente para certificación de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).
- ISO 14001:2015: Sistemas de gestión ambiental. Base para el diseño del Plan de Gestión Ambiental (PGA).

En síntesis, el marco legal y técnico nacional es suficiente para la puesta en marcha de la planta procesadora de plátano para chips, harina y alimento para ganado. La combinación de normas obligatorias y voluntarias asegura que el proyecto sea técnicamente sólido, socialmente responsable y comercialmente competitivo.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Proponer una planta agroindustrial para procesar plátano verde en chips, harina y subproductos funcionales, orientada a la agregación de valor y la reducción de pérdidas poscosecha.

3.2. Objetivos Específicos

1. Analizar la disponibilidad y estacionalidad del plátano en zonas productoras del país a fin de determinar la mejor localización de la planta.
2. Desarrollar el diagrama de bloques del proceso para la obtención de chips, harina y subproductos derivados.
3. Estimar capacidades y seleccionar equipos clave para el proceso.
4. Realizar un análisis preliminar de viabilidad financiera mediante indicadores básicos (VPN, TIR, punto de equilibrio).
5. Proponer estrategias de sostenibilidad y aprovechamiento de residuos generados en el proceso.

IV. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1. Naturaleza o tipología del proyecto

El proyecto consiste en un estudio técnico-económico de una planta de procesamiento de plátano verde. El objetivo principal es la transformación de la materia prima en derivados de alto valor comercial, generando tres líneas de productos, chips y harina, productos dirigidos al consumo humano, y la elaboración de alimento para ganado a partir de la cáscara de plátano desechada.

Las etapas del proceso productivo de chips de plátano inician con la recepción y selección de materia prima, luego se traslada al área de lavado. Posteriormente, el proceso de pelado y rebanado de la fruta, y finalmente la etapa de fritado. De igual manera, para la obtención de la harina de plátano, el proceso de producción inicial es el mismo, recepción y selección de la materia prima, lavado, pelado y rebanado. Las etapas posteriores consisten en, secado mediante deshidratación de la fruta en el horno, molienda y tamizado.

La producción de alimento para ganado a partir de la cáscara de plátano se estructura en dos fases esenciales. Este proceso inicia con la recolección y el pretratamiento del subproducto, posteriormente, el tratamiento y conservación, mediante el ensilaje.

La naturaleza de este proyecto se centra en la industrialización primaria con valor agregado, cuyo propósito es la creación de una planta agroindustrial sostenible, capaz de reducir las pérdidas poscosecha del plátano. La elaboración de los productos derivados de la fruta, se llevarán a cabo bajo rigurosas condiciones de inocuidad y calidad, transformando la materia prima local en productos finales de alto valor para los mercados nacional e internacional. El proyecto adopta el modelo de economía circular, con el propósito de aprovechar al máximo la materia prima para la generación de subproductos funcionales.

Los productos resultantes son chips de plátano y harina, aptos para la distribución en supermercados y tiendas de conveniencia, y alimento especializado para ganado que se comercializa directamente a las fincas agropecuarias y todo el sector ganadero. La materia prima proviene de pequeños y medianos productores de la zona de Rivas. De esta manera, el proyecto establece un vínculo estratégico con la economía local.

4.2. Localización geográfica y contexto socioeconómico

La ubicación estratégica de la planta se ha determinado en la zona de Belén, Rivas, un lugar calificado y óptimo para operaciones agroindustriales, proporciona una infraestructura esencial que incluye acceso a energía eléctrica trifásica, suministro de agua potable, y una red vial pavimentada. El factor determinante es la conexión directa con la carretera panamericana, es una ventaja significativa, ya que facilita y optimiza las operaciones de transporte y logística, tanto para la recepción de la materia prima como para la distribución del producto terminado hacia los principales mercados nacionales e internacionales, conectando con Managua hacia el norte y con Peñas Blancas hacia el sur. De este modo, se aprovecha su potencial agrícola y cercanía con rutas de logísticas importantes.

El entorno socioeconómico de Rivas se caracteriza por la fuerte presencia de pequeños y medianos productores agrícolas y por una economía local sustentada en actividades agropecuarias, comercio y turismo. La región tiene una importante producción de plátano verde, lo que garantiza una oferta estable de materia prima.

4.3. Usuarios, destinatarios o protagonistas

Los usuarios directos de los productos son los consumidores que demandan alimentos como, chips de plátano en presentaciones conocidas como snacks o aperitivos. Del mismo modo, se tienen a los consumidores de harina a partir del plátano verde, como una alternativa alimenticia más saludable. Por otro lado, los usuarios del alimento para ganado, son los propietarios de pequeñas y medianas empresas dedicadas al sector ganadero.

Los destinatarios y protagonistas principales del proyecto son los pequeños y medianos productores de plátano verde, personal operativo y administrativo. Al igual que los proveedores de insumos y materiales, servicios logísticos y los distribuidores que se encargarán de transportar el producto a los distintos mercados.

Las instituciones como el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC), Ministerio de Salud (MINSA) y Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA) desempeñan su rol de regulación y supervisión, mientras que las comunidades rurales de la región se benefician por la creación de empleo y el desarrollo económico generado por la actividad agroindustrial.

4.4. Alcances y limitaciones explícitas

El presente estudio se desarrolla a nivel de prefactibilidad técnica-económica, con carácter estrictamente teórico y académico. En consecuencia, su alcance se limita al análisis conceptual y evaluativo del proyecto, sin contemplar la ejecución física, construcción de instalaciones, elaboración de planos estructurales detallados, desarrollo de maquetas, fabricación de prototipos ni puesta en marcha industrial. El proceso productivo estructurado mediante operaciones estandarizadas y compatibles con la normativa técnica nacional en materia de higiene, inocuidad y manejo de alimentos.

En el ámbito técnico, el alcance comprende la definición conceptual del proceso productivo para la transformación de plátano verde en chips, harina y subproducto destinado a alimentación animal mediante ensilaje. Se incluye la descripción de las operaciones unitarias involucradas, la elaboración de un diagrama de bloques del proceso, la estimación preliminar de balances de masa bajo un supuesto de diseño ajustable para dimensionamiento preliminar (350 kg/h de fruta fresca) y la identificación referencial de los principales equipos requeridos para una pequeña agroindustria.

El estudio también contempla una estimación preliminar de requerimientos de servicios auxiliares, tales como consumo de agua y energía eléctrica, basada en literatura técnica y criterios estándar de ingeniería. Sin embargo, no se desarrollan cálculos de ingeniería de detalle, diseño estructural, especificaciones constructivas ni planos arquitectónicos, hidráulicos, eléctricos o sanitarios. Solamente como dimensionamiento referencial preliminar.

El análisis financiero del proyecto se desarrolla sobre un horizonte de cinco años de operación. El flujo de caja incluye un período inicial de inversión (año 0) seguido por cinco años de operación del proyecto (años 1 a 5). En consecuencia, el flujo de caja total comprende seis periodos de análisis, desde el año 0 hasta el año 5.

Se incorporan estimaciones referenciales de inversión, costos operativos e ingresos proyectados con base en información bibliográfica y precios internacionales comparables, ajustados metodológicamente al contexto nacional. Se desarrollan indicadores financieros básicos tales como Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) y el Punto de Equilibrio (PE), con fines evaluativos preliminares. Este análisis no sustituye estudios de factibilidad definitiva ni decisiones de inversión vinculantes.

En el componente ambiental, el estudio se limita a la identificación preliminar de impactos potenciales asociados al proceso productivo y a la revisión del marco normativo aplicable en materia de gestión de residuos sólidos e inocuidad alimentaria. No se realizan estudios de impacto ambiental detallados, ni diseño de sistemas de tratamiento dimensionados.

Entre las principales limitaciones del estudio se identifican:

- La utilización de un supuesto de capacidad de diseño ajustable, el cual deberá validarse mediante estudios de mercado y disponibilidad real de materia prima.
- La ausencia de cotizaciones contractuales definitivas para equipos e infraestructura.
- La falta de datos primarios locales sobre precios de comercialización industrial de los productos derivados, lo que obliga al uso de referencias internacionales comparables.
- La no realización de pruebas piloto que permitan validar rendimientos reales del proceso.

En consecuencia, los resultados obtenidos deben interpretarse como una aproximación técnica estructurada que permite valorar la pertinencia y viabilidad preliminar del proyecto, sirviendo como base para una eventual etapa posterior de factibilidad técnica detallada.

V. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

En este capítulo se abordan los fundamentos teóricos y técnicos esenciales para comprender el desarrollo del proyecto. Se estudian los aspectos generales del plátano verde, destacando las propiedades y beneficios, así como las tecnologías empleadas para la obtención de chips, harina y alimento para ganado. Además, se introducen conceptos claves que permiten analizar la viabilidad operativa y funcional del proyecto, facilitando la evaluación de la rentabilidad.

5.1. Generalidades del plátano verde

5.1.1. Plátano (*Musa x paradisiaca*)

El plátano (*Musa x paradisiaca*) se define como el fruto de musáceas cosechado en estado verde, cuando ya alcanzó su madurez fisiológica pero aún no ha iniciado el proceso de ablandamiento y dulzor típico de la maduración. Este estado es clave para la agroindustria, debido a que el fruto conserva firmeza, presenta menor fragilidad en la manipulación y contiene una alta proporción de almidón, característica clave para la obtención de chips y harina (Cordenunsi-Lysenko y otros, 2019).

En Nicaragua es común clasificar las musáceas según el uso y la morfología del fruto empleando categorías como “guineos”, “Plátanos” y “plátanos”. A nivel local los plátanos incluyen los que son consumidos localmente y también vinculados a exportación, mientras que los guineos y plátanos suelen asociarse con consumo cocido o frito, tanto verde como maduro (Zeledón Rodríguez, 2025).

5.1.2. Aspectos botánicos del plátano verde

El plátano pertenece al género *Musa* dentro de la familia musaceae. Es una hierba gigante perenne, el tronco visible es unseudotallo formado por la superposición y enrollamiento de las vainas de las hojas, que se apilan como capas. Debajo del suelo, la planta posee un corno o rizoma que almacena reservas y, emite raíces y brotes. Desde ese corno nacen los hijos o retoños que son brotes que con el tiempo se convierten en nuevosseudotallos (Office of the Gene Technology Regulator, 2023).

Cadaseudotallo normalmente pasa por una fase vegetativa, luego emite la inflorescencia y finalmente produce el racimo; después de cosechar, ese mismo ya no vuelve a fructificar y se

reemplaza por otro brote del cormo. Por esa razón en campo se corta el seudotallo tras la cosecha para favorecer el crecimiento del siguiente (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2026; Britannica, 2025).

5.1.3. Propiedades y composición nutricional del plátano verde

La característica principal del plátano verde es su alto contenido de almidón. Durante su desarrollo acumula almidón en proporciones importantes, aproximadamente 15-35% del peso fresco, según método de cultivo y etapa. Asimismo, durante la maduración ese almidón se transforma gradualmente en azúcares solubles. Por esta razón, cuando el fruto se procesa verde, se obtiene una materia prima cuyas propiedades tecnológicas se asemejan más al de un material con alto contenido de almidón que al de una fruta azucarada (Cordenunsi-Lysenko y otros, 2019).

Por otro lado, se ha reportado que la harina de plátano verde puede contener alrededor de 70% de almidón y niveles bajos de azúcares solubles (Suntharalingam y Ravindran, 1993), esto explica su utilidad como ingrediente para formulaciones donde se busca estructura, cuerpo y rendimiento. Además, el plátano verde puede aportar almidón resistente, una fracción de baja digestibilidad en el intestino delgado que se comporta de manera similar a la fibra dietaria y ha sido ampliamente estudiada por su potencial como ingrediente funcional en alimentos (Munir y otros, 2024).

Desde el punto de vista mineral, diversos estudios indican que el potasio suele ser el mineral predominante en productos derivados del plátano (Suntharalingam y Ravindran, 1993). Esto puede considerarse un atributo nutricional relevante, sin embargo, su aporte final al consumidor puede variar según la formulación del producto y las condiciones de procesamiento empleadas.

5.1.4. Usos y beneficios del plátano verde

En Nicaragua, las musáceas forman parte de la alimentación cotidiana y también de la actividad comercial en distintos territorios. Se ha documentado, la importancia del plátano en el consumo local y su comercialización hacia mercados regionales, lo que evidencia una base ya establecida de consumo y de manejo del cultivo, que puede respaldar proyectos agroindustriales orientados a la generación de valor agregado (Zeledón Rodríguez, 2025). En

este proyecto, el aprovechamiento del plátano verde se plantea a través de tres líneas de productos; chips, harina y un subproducto funcional destinado a la alimentación de ganado.

Para la elaboración de chips, el plátano verde resulta especialmente conveniente por su firmeza y por su composición rica en almidón, que facilita obtener una textura crujiente cuando las condiciones de proceso son las adecuadas. En el caso de la harina, la baja dulzura inicial y el predominio de almidón permiten obtener un ingrediente con aplicaciones potenciales en mezclas, productos de panificación y otras formulaciones de uso local (Suntharalingam y Ravindran, 1993).

Además de su valor alimentario, el aprovechamiento industrial del plátano verde ofrece una vía concreta para reducir pérdidas poscosecha, ya que permite transformar fruta fuera de especificación comercial en productos más estables y de mayor vida útil (Cordenunsi-Lysenko y otros, 2019). Por otra parte, desde el punto de vista funcional, la presencia de almidón resistente en el plátano verde ha sido destacada en revisiones científicas por su potencial como ingrediente funcional, especialmente por efectos asociados a fermentación colónica y perfil metabólico (Munir y otros, 2024).

5.2. Proceso tecnológico para la obtención de chips, harina y alimento para ganado a partir del plátano verde

La transformación del plátano verde en productos de valor agregado se basa en operaciones unitarias, tales como selección, lavado, pelado, corte, secado, fritura y molienda, orientadas a generar productos con calidad sensorial, funcional y nutricional aceptables para el mercado.

Según (Zalameda y Falco, 2013) En una planta mixta es conveniente iniciar las líneas con un bloque común de operaciones. Este enfoque facilita el diseño, reduce duplicación de equipos y mejora el control sanitario.

5.2.1. Primera etapa del proceso (bloque común de operaciones)

- **Recepción y selección de materia prima:** se reciben plátanos verdes y firmes, procurando uniformidad de tamaño y ausencia de golpes o pudriciones. La selección no solo impacta en el rendimiento y funcionalidad de la harina, sino también reduce variabilidad en fritura en el caso de las chips (tiempo, color y textura).

- **Lavado y desinfección:** se debe realizar lavado para retirar tierra y materia extraña, seguido de una desinfección por inmersión de agua clorada (100 ppm durante 10 min) como práctica de reducción de carga microbiana superficial.
- **Pelado:** se elimina la cáscara manual o mecánicamente. En términos de diseño, aquí se concentra un punto de generación de residuos (cáscara), que posteriormente se aprovechará en la elaboración de alimento para ganado, como una estrategia de sostenibilidad y valor agregado.

5.2.2. Proceso de elaboración de chips

- **Rebanado:** el plátano se rebana muy delgado, aproximadamente 1 mm, de forma transversal o longitudinal. El espesor es una variable clave, ya que condiciona la transferencia de calor y de masa durante la fritura, influye directamente en la textura final del producto, especialmente en el grado de crujiente.
- **Fritura:** es una operación térmica en la que las rodajas se fríen en aceite a 150-175 °C hasta que el burbujeo disminuye o cesa y el color se vuelve dorado. Aquí ocurren fenómenos claves a considerar; evaporación rápida de agua, formación de estructura porosa y absorción de aceite. El control de temperatura y carga de producto ayuda a evitar chips grasosos u oscuros.
- **Ecurrido, enfriamiento y separación:** después de freír, se escurre y se enfría en bandejas, lo ideal es que sean de material absorbente, y se separan las rodajas que queden adheridas. El enfriado antes de empaque evita condensación interna.
- **Empacado y almacenamiento:** los chips se empacan en materiales herméticos, ya que son altamente sensibles a la humedad, bajos incrementos de humedad pueden disminuir de manera notable la textura crujiente y favorecer la aparición de olores o sabores indeseados. Por consiguiente, el uso de un empaque con propiedades de barrera y el almacenamiento en un lugar fresco y seco deben considerarse parte integral del proceso de calidad, y no únicamente en una etapa logística (Zalameda y Falco, 2013).

5.2.3. Proceso de elaboración de harina

- **Preparación de solución de salmuera:** se prepara una solución de salmuera para sumergir inmediatamente el plátano pelado. Esta práctica ayuda a manejar el látex y a disminuir cambios indeseados de color durante el rebanado.
- **Remojo inmediato:** posteriormente a la etapa de pelado de la fruta, se coloca de inmediato en la salmuera. Luego se lava nuevamente para retirar látex residual.
- **Corte y rebanado:** se corta y se rebana de forma longitudinal de aproximadamente 3 mm de espesor. Este valor representa un compromiso operativo; es lo suficientemente delgado para facilitar el secado en tiempos razonables, pero no tan delgado como para incrementar la fragilidad de los trozos y dificultar su manipulación durante el proceso.
- **Secado:** se deshidrata en un secador de gabinete aproximadamente a 60-70 °C durante 8-10 h, hasta alcanzar la humedad final objetivo. El método de secado influye en los parámetros de calidad de la harina como; color, funcionalidad y composición, por lo que se requiere controlar la temperatura y el tiempo para lograr estabilidad sin comprometer propiedades (Alam y otros, 2023).
- **Molienda y tamizado:** el material seco se muele hasta alcanzar una granulometría fina, y posteriormente se tamiza para homogenizar el tamaño de la partícula. Se puede emplear un tamizado muy fino con el fin de estandarizar la harina y obtener un producto más homogéneo.
- **Empacado y almacenamiento:** la harina debe empacarse de inmediato en envases o bolsas herméticas para evitar reabsorción de humedad, bajo condiciones controladas, de esta manera se logra preservar sus propiedades funcionales y nutricionales. Esto es primordial en climas tropicales y en almacenamiento local (Zalameda y Falco, 2013).

5.2.4. Etapas del proceso para la obtención de alimento para ganado como subproducto funcional

- **Recolección:** la cáscara debe recolectarse directamente desde las líneas de pelado, en recipientes limpios y con tapa para evitar contaminación con tierra, plásticos o residuos de limpieza.

- **Clasificación:** retirar los residuos y descartar cáscaras que presentes signos evidentes de putrefacción.
- **Lavado:** se realiza el lavado de las cáscaras para eliminar cualquier residuo presente.
- **Escurrido:** permitir el drenaje de agua libre, ya que el exceso de agua incrementa efluentes y dificulta el alcance de una fermentación estable.
- **Triturado:** reducir el tamaño de la cáscara a partículas pequeñas para mejorar la compactación y expulsión de aire. El triturado fino favorece el empacado en materiales húmedos. Se ha reportado residuos de plátano triturados en tamaños ≤ 2 cm para lograr un material bien empacado.
- **Oreo o marchitamiento corto:** extender la cáscara triturada en capas delgadas bajo el sol durante pocas horas, para reducir la humedad. Se ha utilizado oreo al sol alrededor de 8 horas para reducir la humedad un 70%.
- **Mezclado:** cuando el residuo presenta baja disponibilidad de azúcares fermentables o el proceso muestra dificultades como; pH alto u olores desagradables, es recomendable añadir melaza de caña como fuente de carbohidratos. Esto con el fin de favorecer la producción de ácido láctico e incrementar la acidificación del ensilaje. En el ensilaje de residuos de plátano, la melaza se aplica al 5% en base fresca, distribuida de manera uniforme por capas durante el llenado (Sheikh, 1989).
- **Ensilaje:** el tipo de ensilaje se selecciona en dependencia de las condiciones de la planta. En el caso de plantas mixtas que generan diario cáscaras, suele ser más práctico utilizar silos pequeños; estilo silo-bag o bolsones, tambores plásticos con tapa hermética o silos plásticos, ya que facilitan el manejo por lotes y reducen pérdidas por exposición al aire al momento de suministrarlo.
- **Llenado por capas:** introducir el sustrato ensilable en capas, compactando cada una para expulsar el aire.
- **Compactación:** puede realizarse manualmente, pisado o mecánicamente a través de prensas, debe ser consistente. Se han realizado pruebas de compactación con cáscaras de plátano, pisándolo para lograr mayor densidad y anaerobiosis.
- **Sellado hermético:** se debe cerrar inmediatamente para evitar la entrada de oxígeno. En silos de trinchera se colocan láminas plásticas con peso y en silos pequeños se asegura la tapa o amarre hermético (Liu y Guo, 2002).

- **Fermentación:** como criterio de operación se debe dejar el silo cerrado al menos de 3-4 semanas antes de ser utilizado, de esta forma se permite la estabilización.
- **Almacenamiento:** mantener los silos protegidos de los rayos del sol directos, golpes y perforaciones.
- **Apertura controlada:** al abrir se debe extraer el producto de forma continua y volver a cerrar o compactar la superficie expuesta cuando sea posible. El contacto con el aire acelera el deterioro del mismo (Hansson, 2012).

5.3. Estudio técnico

Según (Baca Urbina, 2013) el estudio técnico es parte fundamental en la evaluación de proyectos, su objetivo es proponer y analizar alternativas tecnológicas, determinar procesos de producción, evaluar equipos y su disposición, así como estimar requerimientos de insumos y servicios.

5.3.1. Tamaño y capacidad de la planta

(Baca Urbina, 2013) define el tamaño óptimo como aquel que conduce al mínimo costo unitario total, considerando la interacción entre costos fijos y variables. En plantas agroindustriales, el tamaño se determina combinando; disponibilidad real de materia prima, demanda, restricciones tecnológicas, tiempo de operación, rendimiento del proceso y estacionalidad.

En estimación de costos y diseño, la capacidad afecta la economía de escala, la inversión y los costos operativos, por lo que es conveniente dimensionar con escenarios y análisis de sensibilidad (Towler y Sinnott, 2021).

5.3.2. Localización de la planta

La localización es una decisión estratégica ya que impacta logística, costos, calidad de materia prima y acceso a servicios. La localización óptima tiende a maximizar rentabilidad y minimizar costos unitarios, aunque en algunos casos entran objetivos sociales.

Entre los métodos, se incluye el método cualitativo por puntos, el cual pondera factores relevantes como; materia prima, transporte, mano de obra y servicios básicos, para la comparación de alternativas (Baca Urbina, 2013).

5.3.3. Distribución de la planta, higiene e inocuidad

El objetivo principal de la distribución de la planta es el flujo lógico de materiales y personas, minimizando cruces y riesgos. Para alimentos, además, la distribución debe apoyar la separación de zonas, control de plagas, ventilación, drenajes y facilidad de limpieza. Se puede implementar el diagrama SLP y diagramas de recorrido dentro de la planificación de la planta (Baca Urbina, 2013).

En inocuidad, el marco más utilizado se basa en Buenas Prácticas de Higiene (GHP/BPM) y HACCP, promovidos por el Codex Alimentarius como fundamentos para asegurar la calidad de los alimentos, identificando peligros y estableciendo puntos críticos de control (Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization, 2023).

5.4. Estudio económico

5.4.1. Inversión del proyecto

El estudio económico es la solución técnica a términos monetarios como costos de instalación, operación y mantenimiento de la planta, y los beneficios que generará. Un componente clave es el capital de trabajo, que es la diferencia entre activo circulante y pasivo circulante (Baca Urbina, 2013).

En agroindustria, este rubro es crítico porque suele existir compra de materia prima antes de la venta del producto terminado, además de inventarios y cuentas por cobrar.

Para complementar la visión económica desde ingeniería, se enfatiza el valor del dinero en el tiempo, tasas de interés, inflación y análisis bajo riesgo, como base para la comparación de alternativas (Blank y Tarquin, 2024).

5.4.2. Costos de operación

Los costos de operativos incluyen; materia prima, mano de obra, servicios básicos, mantenimiento, transporte, control de calidad, administración y disposición o valorización de residuos. La estructura técnica del proceso define el consumo específico, y por tanto condiciona el costo unitario.

5.4.3. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es una herramienta útil para determinar el nivel mínimo de ventas y producción, donde los ingresos cubren los costos totales.

En la planta de procesamiento de plátano, esta herramienta ayuda a visualizar como cambios en el precio del plátano, el aceite, la energía o el precio de venta impactan en la zona del proyecto.

5.4.4. Evaluación financiera (VPN, TIR y TMAR)

La evaluación financiera compara costos y beneficios a lo largo del tiempo, mediante flujos de caja descontados. (Baca Urbina, 2013) define la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) como el parámetro que refleja la ganancia mínima exigida para aceptar un proyecto; si la rentabilidad esperada no alcanza esa tasa, se rechaza.

Respecto a indicadores, el valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) son los más utilizados. (Baca Urbina, 2013) advierte limitaciones prácticas de la TIR, por lo que el VPN suele ser el criterio más consistente para decisiones comparativas.

5.5. Estrategia de sostenibilidad y aprovechamiento de residuos generados en el proceso

Como parte del proceso productivo de chips se obtiene aceite residual proveniente de la etapa de fritura, el aceite es considerado un residuo altamente contaminante por lo que, como parte de la estrategia de aprovechamiento de residuos, se considera venderlo a terceros para asignarle otros usos.

Durante la fritura profunda, los aceites vegetales son sometidos a altas temperaturas y exposición al oxígeno, lo que induce reacciones químicas como oxidación, hidrólisis y polimerización. Estas reacciones provocan la formación de compuestos degradados y afectan la calidad del aceite, reduciendo su vida útil y generando subproductos no aptos para consumo continuo (Bazina y otros, 2025).

Además, la repetición de ciclos de fritura acelera el deterioro del aceite, incrementando la concentración de compuestos polares y peróxidos, lo que evidencia su transformación en un residuo industrial con características fisicoquímicas alteradas (Novita y Ratna, 2024).

El aceite de fritura usado es considerado un residuo de alto impacto ambiental debido a su baja biodegradabilidad y su potencial para contaminar cuerpos de agua. A nivel global, se generan entre 41 y 67 millones de toneladas anuales, lo que representa un desafío significativo para su gestión adecuada. Si no se maneja correctamente, este residuo contribuye a problemas ambientales como contaminación hídrica, formación de películas superficiales y aumento de la carga orgánica en efluentes, lo que afecta los ecosistemas acuáticos y los sistemas de tratamiento de aguas (Kumar y otros, 2005).

Por estas razones, la valorización del aceite residual se enmarca dentro de los principios de la economía circular, donde los residuos son reincorporados como insumos en nuevos procesos productivos. Este enfoque permite reducir el consumo de recursos vírgenes y minimizar la generación de desechos. Además, el aprovechamiento del aceite usado contribuye a la reducción de emisiones, menor uso de materias primas fósiles y disminución del impacto ambiental global, fortaleciendo la sostenibilidad de los sistemas agroindustriales (Mohanty y otros, 2024).

VI. METODOLOGÍA

El presente trabajo es un estudio de prefactibilidad técnica y económica de una planta procesadora de chips, harina y alimento para ganado a partir del plátano verde, por lo que la investigación se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo, dado que se emplearon datos numéricos provenientes de estadísticas oficiales y proyecciones técnicas para el dimensionamiento de la planta, a su vez, es descriptivo, ya que caracteriza la disponibilidad de plátano, capacidades productivas y procesos involucrados.

Este capítulo se estructura considerando los aspectos técnico y económico-financiero, con el fin de evaluar la viabilidad del establecimiento de una planta procesadora de plátano para la producción de chips, harina y alimento para ganado. Asimismo, se consideraron criterios técnicos de diseño y dimensionamiento industrial para garantizar la eficiencia operativa del proyecto.

6.1. Estudio técnico

El estudio técnico permitió establecer los parámetros operativos y estructurales necesarios para el funcionamiento de la planta.

6.1.1. Análisis de disponibilidad, estacionalidad y localización de la planta

En esta sección se recopiló información secundaria proveniente de fuentes oficiales y reportes del sector agropecuario. De las fuentes mencionadas se obtuvo el volumen de producción nacional, comportamiento productivo del cultivo, distribución geográfica, con el fin de determinar la capacidad de abastecimiento sostenido para la planta.

En este contexto, se consideró que el cultivo de plátano en Nicaragua presenta una producción significativa y estable, alcanzando 274.7 millones de unidades cosechadas en el año 2025, según datos del Ministerio Agropecuario, lo que evidencia la disponibilidad continua de materia prima a nivel nacional.

Con esta investigación se identificó que el cultivo del plátano se concentra principalmente en la región del Pacífico, destacando los departamentos de Rivas y Chinandega como los principales polos productivos, los cuales aportan la mayor proporción de la producción nacional.

A su vez, se identificó el comportamiento estacional del cultivo, considerando que el plátano es una especie con producción durante todo el año, aunque con ligeras variaciones asociadas a condiciones climáticas, lo que permite garantizar un suministro continuo para procesos agroindustriales.

Posteriormente, se realizó el análisis de localización en dos niveles:

- Macro localización: se identificaron las principales zonas productoras del país, priorizando aquellas con mayor disponibilidad de materia prima, infraestructura vial y cercanía a mercados.
- Micro localización: se aplicó el método cualitativo por puntos, en el cual se definieron factores clave como acceso a materia prima, logística de transporte, costos del terreno, cercanía al mercado, disponibilidad de servicios básicos y mano de obra.

A cada factor se le asignó una ponderación relativa y una calificación, permitiendo comparar distintas alternativas de ubicación mediante un análisis multicriterio y seleccionar la opción más favorable para la instalación de la planta.

6.1.2. Definición del proceso productivo y diagramas de bloques

Se realizó una revisión bibliográfica de tecnologías utilizadas en la transformación de plátano verde, considerando procesos empleados en la producción de chips, harina y aprovechamiento de subproductos. Se analizaron variables críticas de operación como temperatura, tiempo de proceso, reducción de tamaño y contenido de humedad, con el fin de garantizar la calidad del producto final.

A partir de esta información, se definieron las etapas del proceso productivo, iniciando con un bloque común de operaciones, que incluye recepción, selección, lavado, desinfección, pelado y corte de la materia prima, lo cual permite optimizar el uso de equipos y mejorar el control sanitario del proceso.

Posteriormente, el proceso se dividió en tres líneas de producción:

- Línea de chips: incluye rebanado, fritura, escurrido, enfriamiento y empaque.
- Línea de harina: comprende rebanado, secado, molienda, tamizado y empaque.
- Línea de subproductos (alimento para ganado): considera la recolección de cáscara, triturado, acondicionamiento y proceso de ensilaje.

Para cada línea se elaboraron diagramas de bloques del proceso, los cuales permiten representar de forma secuencial las operaciones unitarias involucradas, facilitando la comprensión del flujo productivo y la identificación de entradas y salidas del sistema.

Adicionalmente, se aplicaron balances de materia y energía con base en principios de conservación, permitiendo cuantificar los flujos de entrada y salida en cada etapa del proceso y establecer relaciones entre materia prima, productos y subproductos generados.

Esta metodología permitió estructurar un proceso productivo integral, técnicamente viable y coherente con los principios de eficiencia operativa y aprovechamiento de recursos.

6.1.3. Estimación de capacidad de planta y selección de equipos

Se definió la capacidad de diseño de la planta considerando la disponibilidad de materia prima en el contexto nacional, el enfoque de prefactibilidad del estudio y la viabilidad técnica de implementación en una escala mediana.

Se establecieron los parámetros operativos del sistema, incluyendo días de trabajo al año, horas de operación diaria y eficiencia del proceso, lo que permitió calcular las horas totales de operación anual. A partir de estos datos, se determinaron los siguientes indicadores:

Capacidad de Diseño

$$CD = \frac{Qp}{Ht} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

CD = Capacidad de diseño (kg/h)

Qp = Producción anual proyectada (kg/año)

Ht = Horas totales de operación al año

Capacidad del sistema

$$CS = CD \times \eta \quad (\text{Ecuación 2})$$

Capacidad real

$$CR = CS \times Fo \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

CR = Capacidad real

Fo = Factor de operación

Posteriormente, se realizaron los balances de materia y energía para cada línea de producción, con el fin de cuantificar los flujos másicos y los requerimientos energéticos.

- Balance de materia general

$$\sum \textit{Entradas} = \sum \textit{Salidas} + \sum \textit{Acumulación} \quad (\textit{Ecuación 4})$$

- Para estado estacionario

$$\sum \textit{Entradas} = \sum \textit{Salidas} \quad (\textit{Ecuación 5})$$

Seguidamente, se realizó la selección de equipos clave del proceso productivo, tomando como base los requerimientos de cada operación unitaria previamente definida (lavado, corte, fritura, secado, molienda, entre otros).

Para ello, se efectuó una revisión de catálogos técnicos y referencias comerciales de equipos agroindustriales disponibles en el mercado, considerando criterios como:

- Capacidad nominal de procesamiento (kg/h)
- Compatibilidad con el tipo de producto
- Consumo energético
- Facilidad de operación y mantenimiento

Se priorizó la selección de equipos estandarizados con capacidades dentro del rango de 300 a 500 kg/h, lo cual permitió asegurar la coherencia con la capacidad de diseño propuesta y evitar el sobredimensionamiento del sistema.

Finalmente, se definieron los requerimientos tecnológicos de la planta, incluyendo maquinaria principal, equipos auxiliares y sistemas de apoyo, garantizando la integración operativa del proceso productivo.

6.1.4. Estructura de la planta

Se estableció la distribución de planta aplicando el método System Layout Planning (SLP), garantizando un flujo eficiente de materiales y personal.

También se definieron las áreas operativas y administrativas, tales como producción, almacenamiento, control de calidad, oficinas, servicios sanitarios y áreas de apoyo. Finalmente, se elaboró la estructura organizativa y el requerimiento de mano de obra directa e indirecta para el funcionamiento de la planta.

6.2. Estudio económico-financiero

El estudio financiero se desarrolló con el objetivo de evaluar la rentabilidad y viabilidad económica del proyecto.

Se estimó la inversión inicial requerida, considerando activos fijos, obras civiles, maquinaria, equipos, activos diferidos y capital de trabajo. Posteriormente, se calcularon los costos de producción, incluyendo materia prima, insumos, mano de obra, energía, mantenimiento y depreciación.

Inversión total

$$IT = AF + AD + CT \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

IT = Inversión total

AF = Activos fijos

AD = Activos diferidos

CT = Capital de trabajo

A partir de la estimación de costos y de los precios de venta proyectados para los productos (chips, harina y alimento para ganado), se calcularon los ingresos anuales del proyecto, permitiendo estructurar el flujo de caja para un horizonte de evaluación de cinco años.

A partir de los costos y el precio de venta estimado, se proyectaron los ingresos anuales e indicadores económicos como el Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR),

Período de Recuperación de la Inversión (PRI) y la relación Beneficio Costo (B/C), permitiendo determinar la factibilidad del proyecto.

Para ello se utilizaron las siguientes ecuaciones para su cálculo

Valor Presente Neto (VPN)

$$VPN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE_t}{(1+i)^t} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE_T}{(1+TIR)^t} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Período de Recuperación de la Inversión

$$PRI = \frac{I_0}{FNE_1} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Relación Beneficio-Costo (B/C)

$$B | C = \frac{VPN+I_0}{I_0} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Punto de equilibrio: utilizado para determinar el nivel mínimo de producción o ventas requerido para cubrir los costos totales.

Para el análisis financiero, se consideró una TMAR del 15%, representativa del costo de oportunidad del capital en proyectos de inversión en contextos similares

6.3. Evaluación de sostenibilidad y aprovechamiento de residuos

Como parte del enfoque de sostenibilidad del proyecto, se incorporó el análisis del aceite residual generado en la etapa de fritura de chips como un subproducto valorizable.

Se consideraron los siguientes aspectos:

Por medio de los diagramas de flujo, se identificó el aceite residual de fritura como un flujo secundario del proceso, generado durante la operación térmica de fritado.

Proveniente de los balances de materia y energía se estimó la generación de aceite residual a partir de la cantidad de aceite drenado, permitiendo determinar el volumen disponible para comercialización.

Para la comercialización del aceite reusado, se deben de tomar en cuenta parámetros fisicoquímicos como índice de acidez y nivel de oxidación.

Se analizaron opciones de aprovechamiento del aceite residual, seleccionando la venta a terceros como la alternativa más viable, debido a la baja inversión requerida y facilidad de logística.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología descrita en el Capítulo VI, correspondientes al estudio técnico y estudio económico-financiero para la instalación de una planta procesadora de plátano destinada a la producción de chips, harina y alimento para ganado.

7.1. Estudio técnico

7.1.1. Localización de la planta

Macro localización

La macro localización de la planta de procesamiento de plátano verde para chips, harina y alimento para ganado se determinó en el departamento de Rivas, Nicaragua, debido a que en este departamento se encuentra el principal polo productivo de plátano en Nicaragua, aportando aproximadamente el 70% de la producción nacional, con una alta concentración en la isla de Ometepe, lo que lo posiciona como una región estratégica para el abastecimiento agroindustrial, aunado a la proximidad a los proveedores de materia prima fue un factor decisivo, ya que permite una reducción significativa en los costos de transporte y almacenamiento (El Diario Nica, 2025).

Además, dado que el plátano verde 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 manipulación inadecuada o daños físicos causados por golpes durante el transporte.

En cuanto a la estacionalidad, el cultivo de plátano presenta un comportamiento productivo continuo debido a su naturaleza perenne en condiciones tropicales. Estudios realizados en fincas del departamento de Rivas evidencian actividad productiva sostenida durante gran parte del año, lo que confirma la ausencia de una estacionalidad marcada (Castillo y Jiménez, 2021).

Adicionalmente, las condiciones agroclimáticas favorables de la región permiten una producción constante, asegurando un suministro continuo de materia prima para procesos agroindustriales (TV Noticias, 2025).

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

Micro localización

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

Tabla 1: Factores de micro localización y ponderación

No.	Factor	Ponderación
1	Acceso a materia prima	0,25
2	Logística de distribución y transporte	0,20
3	Costos del terreno	0,15
4	Cercanía al mercado	0,15
5	Acceso a servicios	0,15
6	Disponibilidad de mano de obra	0,10
Total		1

Elaboración propia

En la tabla 2, se muestra la calificación asignada a cada factor de micro localización

Tabla 2: 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

Las alternativas que se seleccionaron para la micro localización de la planta son:

- Alternativa 1: zona agrícola de Belén
- Alternativa 2: zona del centro de Rivas

En la tabla 3 se muestran los resultados de la evaluación comparativa de las alternativas.

Tabla 3: Resultados de la micro localización por el método cualitativo por puntos

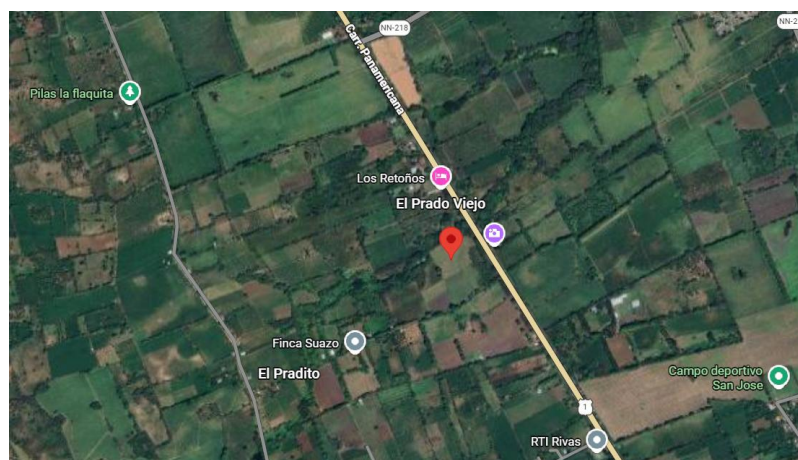
No.	Factor	Peso asignado	Alternativa 1		Alternativa 2	
			Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
1	Acceso a materia prima	0,25	10,00	2,50	8,00	2,00
2	Logística de distribución y transporte	0,20	8,00	1,60	9,00	1,80
3	Costos del terreno	0,15	10,00	1,50	6,00	0,90
4	Cercanía al mercado	0,15	8,00	1,20	9,00	1,35
5	Acceso a servicios	0,15	8,00	1,20	10,00	1,50
6	Disponibilidad de mano de obra	0,10	8,00	0,80	9,00	0,90
Total		1,00		8,80		8,45

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla, la alternativa 1 fue la que obtuvo un puntaje más alto, aunque la alternativa 2 ofrece un mejor acceso a servicios y cercanía al mercado, los costos del terreno son mucho más altos.

La Alternativa 1 (Zona agrícola de Belén) obtuvo la calificación más alta debido a su ventaja competitiva en costos de infraestructura. Para este estudio, se ha establecido un valor de adquisición de USD 15,000.00 para el terreno de 2,020 m². Este monto justifica la calificación de 10.00 (Excelente) asignada en el factor de *Costos del terreno* de la Tabla 3, representando una inversión significativamente menor en comparación con los precios inmobiliarios de la zona urbana del centro de Rivas.

Figura 1. Micro localización de la planta de procesamiento de plátano verde



Nota. La imagen fue obtenida de Google maps.

7.1.2. Capacidad de diseño

Según informes del Ministerio Agropecuario de Nicaragua, la producción nacional de plátano entre los meses de enero y abril de 2025 alcanzó 1,500,000 cajas de 42 libras cada una, lo cual representa una parte importante del volumen cosechado en ese periodo. (El 19 Digital, 2025)

Además, reportes periodísticos señalan que entre enero y agosto de 2025 se produjeron 3,400,000 cajas de plátano de 42 libras, reflejo de la capacidad productiva continua del sector en Chinandega, principal región bananera del país. (Viva Nicaragua Canal 13, 2025)

Datos operativos base

- 268 días laborales al año, descontando del año los 30 días de vacaciones, los 14 días feriados por ley y los domingos.
- 6 días a la semana → 8 horas/día

Entonces, por semana se trabaja:

- 6 días × 8 h = 48 h

$$\text{Horas promedio a la semana} = \frac{48 \text{ h/semana}}{6 \text{ días}} = 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Usando los 268 días laborales al año:

$$Ht = 268 \text{ días} \times 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 2,144 \frac{\text{h}}{\text{año}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

La capacidad de diseño técnica seleccionada es de 350 kg/h. Se definió este valor, a partir del análisis conjunto de la disponibilidad de materia prima, las capacidades comerciales de equipos agroindustriales y el enfoque de planta de escala mediana, adecuado al contexto productivo de Nicaragua.

Nicaragua presenta una producción anual significativa de plátano, concentrada principalmente en el departamento de Chinandega. Considerando que la planta procesadora utilizará una fracción mínima de la producción nacional, se garantiza la disponibilidad continua de materia prima sin afectar otros usos del plátano.

Sumado a lo anterior, se realizó la revisión de catálogos técnicos de equipos agroindustriales mostrando que lavadoras, rebanadoras, secadores, freidoras, molinos y empacadoras disponibles en el mercado presentan capacidades nominales en rangos de 300 a 500 kg/h, lo cual hace que 350 kg/h sea una capacidad técnicamente realista y compatible con equipos estándar, evitando la necesidad de maquinaria especial o sobredimensionada.

Por lo tanto, la capacidad seleccionada permite que la planta opere inicialmente a un porcentaje de su capacidad instalada, dejando abierta la posibilidad de incrementar la producción mediante:

- Aumento de horas de operación
- Implementación de un segundo turno
- Incorporación de equipos paralelos
- Reduciendo el riesgo financiero en la etapa inicial del proyecto.

Producción anual proyectada

$$Qp = CD \times Ht \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$Qp = 350 \frac{kg}{h} \times 2,144 h/año$$

$$Qp = 750,400 \frac{kg}{año}$$

Capacidad del sistema (CS)

Se consideró 90% de eficiencia

$$350 \frac{kg}{h} \times 0.90 = 315 \frac{kg}{h}$$

Capacidad real (CR)

Se consideró un factor de operación del 85%

$$315 \frac{kg}{h} \times 0.85 = 268 \frac{kg}{h}$$

Producción anual real

$$Q_{real} = CR \times Ht \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$Q_{real} = 268 \frac{kg}{h} \times \frac{2,144 h}{año}$$
$$Q_{real} = 574,592 \frac{kg}{año}$$

La capacidad nominal anual de procesamiento de la planta es de 750,400 kg/año de plátano fresco, valor obtenido a partir de una capacidad de diseño de 350 kg/h, una jornada de 8 horas diarias y 268 días laborales al año. Para efectos del presente estudio de prefactibilidad, este valor se adopta como base de cálculo en los balances de materia, en la estimación de requerimientos y en la evaluación económica del proyecto. A partir de esta entrada anual de materia prima, y considerando los rendimientos tecnológicos de cada línea de proceso, se obtiene una producción total vendible de 248,103.68 kg/año, distribuida en chips de plátano, harina de plátano y alimento para ganado.

Se planteó una asignación de 60% para chips y 40% para harina, los balances de masa reales del proceso. Se realizaron consideraciones de pérdidas durante el proceso, los cuales se encuentran detallados en anexos, dando como resultado 406, 866.88 kg/año de pulpa útil, la cual entra al proceso de chips y harina. Por lo tanto, se procesan 244,115.84 kg/año de chips y 162,751.04 kg/año de harina y 150, 487.36 kg/año de cáscara de plátano para la obtención de alimento para ganado.

Tabla 4: Producción anual real

Producto	Producción kg/año
Chips de plátano	62,283.20
Harina de plátano	45,581.44
Alimento para ganado (Ensilaje)	140, 239.04
Total vendible	248,103.68

Elaboración propia

7.1.3. Proceso productivo

Balances de materia y energía

Los balances de materia y energía fueron realizados por etapa de proceso y por línea de producción, tomando como base la capacidad nominal anual de procesamiento adoptada para

el estudio y los rendimientos tecnológicos de cada operación unitaria. Los resultados evidencian un aprovechamiento eficiente del plátano fresco, así como una integración de subproductos para la elaboración de alimento para ganado, reduciendo pérdidas y requerimientos energéticos globales.

La materia prima asignada a la línea de chips se calculó considerando el rendimiento tecnológico global del proceso (25.5%). A partir de este rendimiento se estimó la masa inicial de plátano necesaria para alcanzar la producción anual proyectada de chips.

Tabla 5: Balance de materia de chips (60%)

Etapas	kg/h
Pulpa entrada	113.86
Agua evaporada	84.814
Aceite absorbido	10.17
Aceite drenado	0.51
Producto final	29.05
Energía térmica	191,506 kJ/h

Elaboración propia

Tabla 6: Proyección de chips

Año	Producción kg/ año
2026	62 283.20
2027	64 151.70
2028	66 076.25
2029	68 058.53
2030	70 100.29
2031	72 203.30

Elaboración propia

El proceso presenta una reducción global del 74.5% respecto a la materia prima inicial asignada, debido principalmente a la evaporación de humedad durante la fritura. La etapa crítica en términos de pérdida de masa es el tratamiento térmico, responsable del 35% de reducción sobre la masa pelada.

Tabla 7: Balance de harina (40%)

Corriente	Masa (kg/h)
Harina seca final	21.26
Salmuera descartada	106.28
Agua evaporada en secado	62.24
Total salidas	189.78

Elaboración propia

Tabla 8: Proyección harina

Año	Producción kg/ año
2026	45 581.44
2027	46 948.88
2028	48 357.35
209	49 808.07
2030	51 302.31
2031	52 841.38

Elaboración propia

El proceso de harina presenta una reducción global del 72% respecto a la materia prima asignada, siendo el secado la etapa crítica responsable del mayor porcentaje de pérdida de masa (eliminación de humedad).

El rendimiento tecnológico global del 28% se mantiene constante en la proyección 2026–2031, lo que indica estabilidad en la operación del sistema de secado industrial bajo condiciones controladas.

Tabla 9: Balance de materia de alimento para ganado

Flujo	kg/h
Agua drenada lavado	66.68
Agua evaporada oreo	9.48
Pérdidas fermentación	2.02
Ensilaje final	65.41
Total salidas	143.59

Elaboración propia

Tabla 10: Proyección alimento para ganado

Año	Producción kg/ año
2026	140 239.04
2027	144 446.21
2028	148 779.60
209	153 242.99
2030	157 840.28
2031	162 575.48

Elaboración propia

El consumo energético de la línea de chips se ha ajustado para ser coherente con la sumatoria de potencias de los equipos de proceso (Tabla 27) y la jornada laboral de 268 días.

Tabla 11: Balance de energía chips

Año	Balance de Energía (kJ/año)
2026	410,588,864.00
2027	422,906,529.92
2028	435,593,725.82
2029	448,661,537.59
2030	462,121,383.72
2031	475,985,025.23

Elaboración propia

Tabla 12: Balance de energía harina

Año	Balance de Energía (kJ/año)
2026	301,189,120.00
2027	310,224,793.60
2028	319,531,537.41
2029	329,117,483.53
2030	338,991,008.04
2031	349,160,738.28

Elaboración propia

Balance de energía alimento para ganado

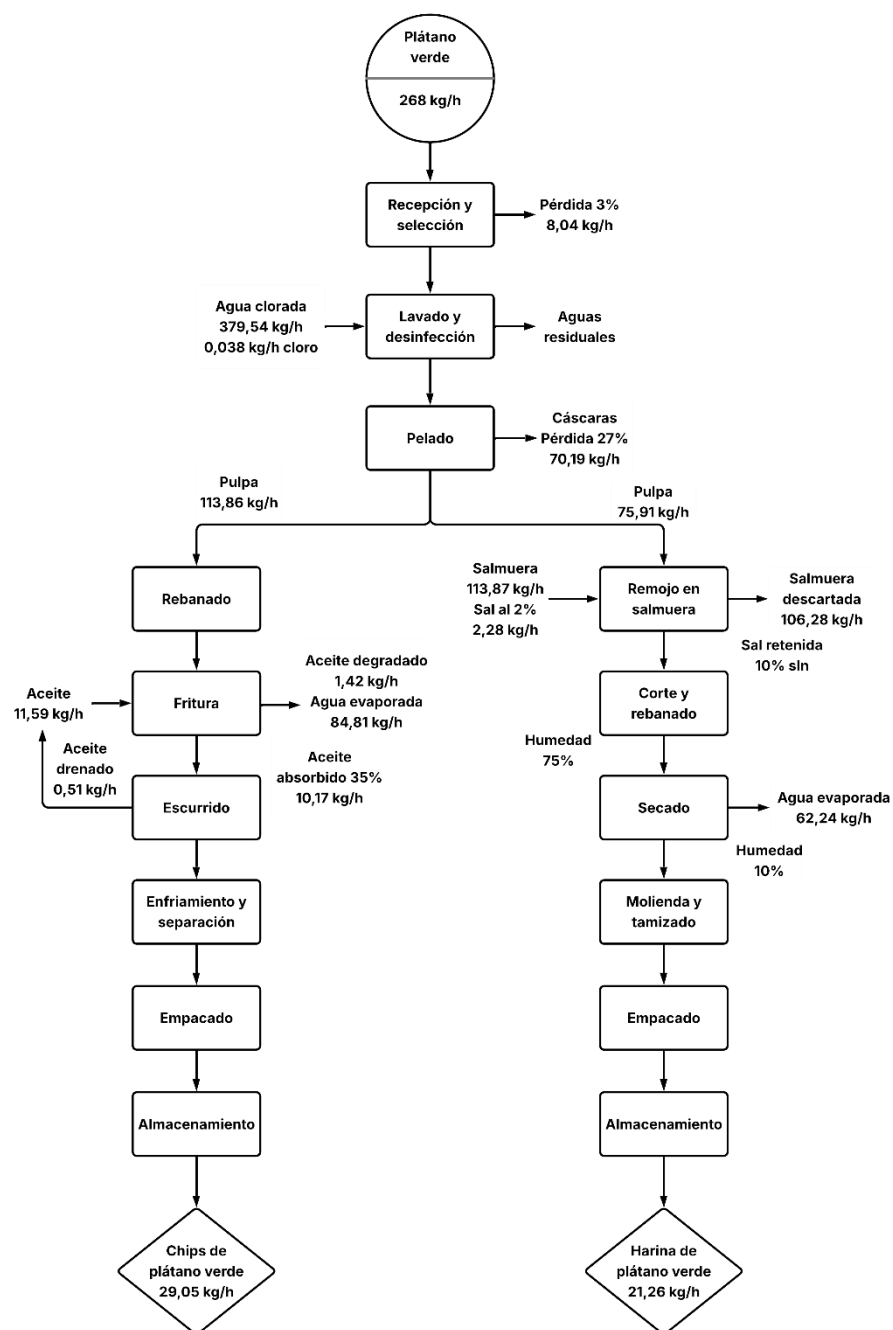
No tiene balance térmico de secado porque el proceso es biológico.

El consumo energético presenta crecimiento lineal acorde al aumento productivo del 3% anual. No se observan variaciones en el consumo específico, lo que indica estabilidad operativa y ausencia de pérdidas energéticas adicionales por escalamiento productivo. La línea de harina continúa siendo la más intensiva en energía por kilogramo producido, mientras que el ensilaje representa la alternativa de menor impacto energético.

Diagramas de bloques

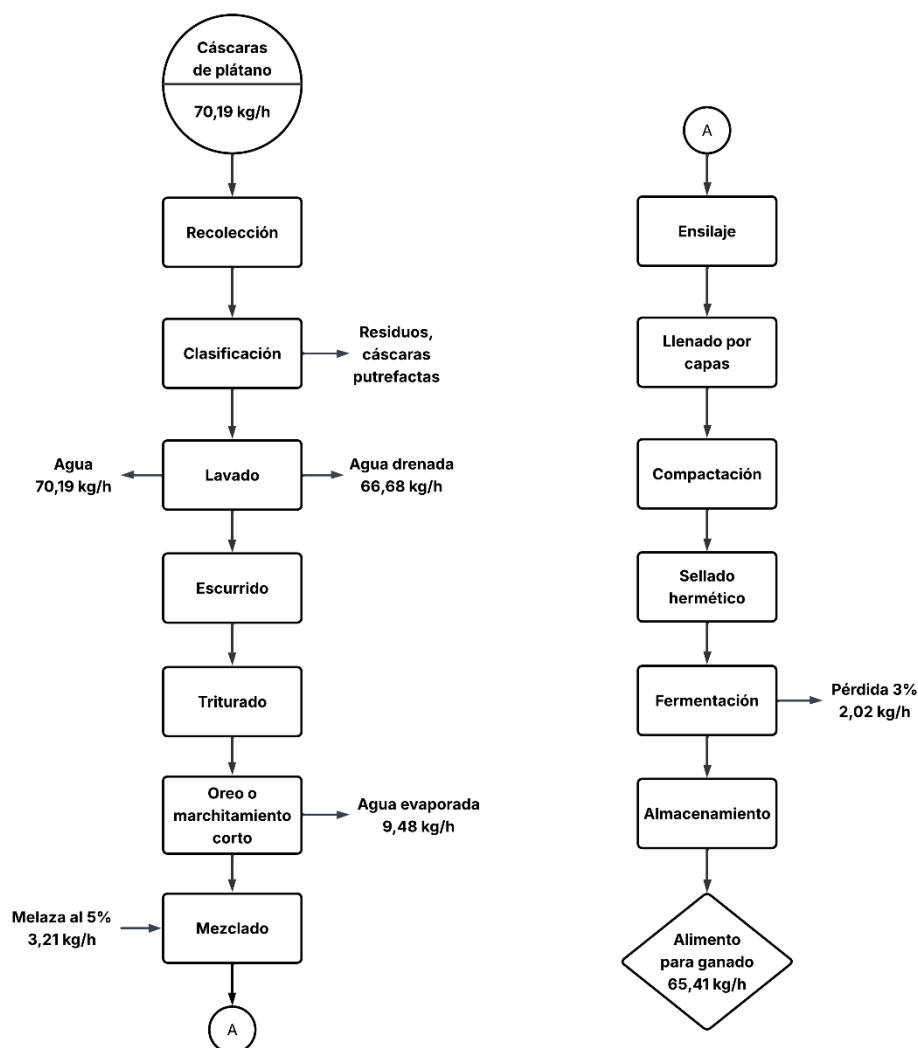
En las siguientes figuras se presentan los diagramas de bloques del proceso productivo de chips y harina de plátano verde, y el proceso productivo de alimento para ganado.

Figura 2. Diagrama de bloques del proceso productivo de chips y harina de plátano verde



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

Figura 3. Diagrama de bloques del proceso productivo de alimento para ganado



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

7.1.4. Requerimientos tecnológicos

Requerimientos de equipos

La Tabla 13 presenta el conjunto de equipos necesarios para las tres líneas productivas del proyecto. La selección se realizó con base en capacidades industriales disponibles comercialmente dentro del rango de 300–500 kg/h, lo cual permite garantizar compatibilidad con la capacidad de diseño definida para la planta.

Tabla 13: Requerimientos de equipos del proceso productivo

Equipos	Cantidad	Capacidad
Báscula de plataforma P020	1	1 500 kg/lote
Tolva de recepción y alimentación TABANLI	1	2 m ³
Mesa de inspección con banda KRONEN	1	6 m
Lavadora GEWA 2600 ECO	1	600 kg/h
Máquina escurridora por vibración ZTS	1	1 000 kg/h
Mesas inox	6	360 kg/h
Máquina rebanadora TZ-100	1	400 kg/h
Tanque de salmuera DAS 1000	1	1 000 L/lote
Freidora industrial SOGUKSAN	1	150 kg/h
Sistema de filtración de aceite VITO VM	1	3 600 L/h
Desaceitador centrífugo BTY-800	1	2 000 kg/h
Tambor sazonador GTTW-2400	1	1 000 kg/h
Enfriador de banda CPM	1	1 000 kg/h
Maquina empacadora para chips SF-2.0GT	1	3 000 kg/h
Secador de gabinete CT-C-I	1	100 kg/lote
Molino de martillos HD	1	1 ton/h
Máquina tamizadora de harina SYM-1500	1	1 ton/h
Envasadora de harina QC-420	1	4 500 kg/h
Tolva Dumpster	1	15 m ³
Banda de clasificación de residuos	1	6 m
Tina industrial INMEDINOX	1	500 L/lote
Bandeja perforada	1	200 kg/lote
Trituradora de martillos CPJ-2	1	2 ton/h
Tanque de melaza S11483	1	340 L/lote
Silo-bag	88	2 ton

*Elaboración propia***Tabla 14:** Requerimientos de equipos de manipulación

Equipos	Cantidad	Capacidad
Pallets de madera	12	1 000 kg
Pallets de plástico CARTONPLAST	8	1 000 kg
Patín hidráulico NBQ30	2	3 000 kg
Carrito tipo tolva H-4186GR	3	567 kg
Carretillas manuales SXWTC-HT535	4	200 kg
Estantería metálica ESMELUX 110901	6	80 cajas/estante
Escalera con ruedas CCBR	3	-
Rack de almacenamiento MECALUX	6	-

Elaboración propia

Requerimientos de equipos de transporte

Tabla 15: Requerimientos de equipos de transporte

Equipos	Cantidad	Capacidad
Camión HINO FC9JJSA-NNL	1	8 ton
Camión HINO XZU710L-WKMQJ3	1	5,5 ton
Carretilla elevadora JAC CPD30J	1	3 ton

Elaboración propia

Requerimientos de materia prima

Tabla 16: Requerimientos de materia prima 2026-2031

No.	Año	Plátano verde (kg/año)
0	2026	574,582
1	2027	591,819
2	2028	609,574
3	2029	627,861
4	2030	646,697
5	2031	666,098

Elaboración propia

Tabla 17: Requerimientos de insumos 2026-2031

No.	Año	Aceite (kg/año)	Cloro (kg/año)	Sal (kg/año)
0	2026	27 481	138	5 867
1	2027	28 305	142	6 043
2	2028	29 154	146	6 224
3	2029	30 029	151	6 411
4	2030	30 930	155	6 603
5	2031	31 858	160	6 801

Elaboración propia

El requerimiento de empaques se determina a partir del rendimiento real de producto terminado. Para la harina, se establece una mezcla de presentaciones para cubrir distintos segmentos del mercado.

Tabla 18: Requerimientos de empaque 2026-2031

No.	Año	Bolsas chips 240 g	Bolsas harina 500 g	Bolsas harina 1 kg	Sacos harina 100 kg	Silo-bags 2 ton
0	2026	267 298	37 559	18 780	204	88
1	2027	275 317	38 686	19 343	210	88
2	2028	283 577	39 847	19 923	216	105
3	2029	292 084	41 042	20 521	223	105
4	2030	300 846	42 273	21 137	230	105

No.	Año	Bolsas chips 240 g	Bolsas harina 500 g	Bolsas harina 1 kg	Sacos harina 100 kg	Silo-bags 2 ton
5	2031	309 872	43 541	21 771	237	122

Elaboración propia

Para el transporte logístico, se han seleccionado cajas de cartón corrugado con capacidades estándar (24 unidades para chips, 20 unidades para harina de 500g y 12 unidades para harina de 1kg).

Tabla 19: Requerimientos de embalaje 2026-2031

No.	Año	Cajas chips	Cajas harina presentación 500 g	Cajas harina presentación 1 kg
0	2026	10 813	1 823	912
1	2027	11 137	1 878	939
2	2028	11 471	1 934	967
3	2029	11 815	1 992	996
4	2030	12 169	2 052	1 026
5	2031	12 534	2 114	1 057

Elaboración propia

Requerimientos del laboratorio de control de calidad

Tabla 20: Requerimientos de equipos del laboratorio

Equipos	Cantidad	Prueba de calidad
Balanza analítica	1	Determinación precisa de masa en análisis fisicoquímicos
Horno de secado	1	Determinación de humedad
Mufla	1	Determinación de cenizas
pH-metro digital	2	Medición de pH en ensilaje y harina
Termómetro digital	2	Control de temperatura
Molino de laboratorio	1	Preparación de muestras
Tamices granulométricos	1	Determinación de tamaño de partículas de la harina
Microscopio óptico	1	Evaluación microbiológica
Incubadora microbiológica	1	Cultivo de muestras
Autoclave	1	Esterilización de material
Desecador	1	Conservación de muestras secas

Elaboración propia

Tabla 21: Requerimientos de instrumentos del laboratorio

Instrumentos	Cantidad
Beaker 50 mL	4
Beaker 100 mL	4
Beaker 250 mL	6
Beaker 500 mL	4

Instrumentos	Cantidad
Matraces Erlenmeyer 250 mL	6
Matraces aforados 250 mL	4
Caja pipetas graduadas	1
Caja probetas graduadas	1
Buretas 50 mL	2
Embudos de vidrio	4
Varillas de agitación	6
Vidrios de reloj	6
Cápsulas de porcelana	4
Placas Petri de vidrio	20

Elaboración propia

Requerimientos del área administrativa

Tabla 22: Requerimientos de equipos mobiliarios del área administrativa

Equipo	Cantidad
Escritorios	6
Sillas ergonómicas	6
Computadoras	6
Archivadores metálicos verticales	4
Teléfonos IP de oficina	6
Mesa de reuniones	1
Sillas sala de reuniones	8
Impresora multifuncional láser	1
Aire acondicionado 18,000 BTU	2
Proyector multimedia	1
Pantalla de proyección	1
Gabinete servidor/red	1
Router empresarial	1

Elaboración propia

Tabla 23: Requerimientos de equipos mobiliarios de la oficina de producción

Equipo	Cantidad
Escritorios	4
Sillas ergonómicas	4
Computadoras	4
Archivadores metálicos	2
Teléfonos internos	4
Mesa de reuniones	1
Pizarra acrílica industrial	1
Aire acondicionado 18,000 BTU	1
Sistema monitoreo cámaras proceso	1
Impresora	1

Elaboración propia

Requerimientos del área de servicios sanitarios

Tabla 24: Requerimientos de materiales y equipos del área de servicios sanitarios

Materiales y equipos	Cantidad
Inodoros	3
Lavamanos	3
Duchas	2
Urinarios	2
Dispensadores de jabón líquido	3
Dispensadores de papel toalla	3
Dispensadores de papel higiénico	3
Basureros con tapa	4
Espejos	2
Extractores de aire	2

Elaboración propia

Requerimiento de agua

Tabla 25: Requerimientos de agua 2026-2031

Año	Consumo m³/año
2026	2372.5
2027	2432.52
2028	2494.33
2029	2558
230	2623.58
2031	2691.14

Elaboración propia

Requerimiento de combustible

Tabla 26: Requerimiento de Combustible

Equipo	Cantidad	Consumo de combustible	Tiempo o distancia de operación	No. días de uso	Consumo de combustible (L/año)
Camión HINO FC9JJS-NNL (8 ton)	1	10 km/gal	120 km	104	4 723,68
Camión HINO XZU710L-WKMQJ3 (5.5 ton)	1	12 km/gal	90 km	52	1 476,15
Total					6 199,83

Elaboración propia

Requerimiento de electricidad

Tabla 27: Requerimientos energéticos de los equipos de proceso

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h/día)	No. días de uso anual	Consumo de energía (kWh/año)
Báscula de plataforma P020	1	0.15	1	268	40.20
Tolva de recepción y alimentación TABANLI	1	1.5	7.33	268	2,946.66
Mesa de inspección con banda KRONEN	1	0.75	7.33	268	1,473.33
Lavadora GEWA 2600 ECO	1	7.5	7.33	268	14,733.30
Máquina escurridora por vibración ZTS	1	2.2	7.33	268	4,321.77
Máquina rebanadora TZ-100	1	3	7.33	268	5,893.32
Tanque de salmuera DAS 1000	1	1.1	4	268	1,179.20
Freidora industrial SOGUKSAN	1	18	7.33	268	35,359.92
Sistema de filtración de aceite VITO VM	1	1.5	4	268	1,608.00
Desaceitador centrífugo BTY-800	1	4	7.33	268	7,857.76
Tambor sazónador GTTW-2400	1	2	7.33	268	3,928.88
Enfriador de banda CPM	1	3	7.33	268	5,893.32
Máquina empacadora para chips SF-2.0GT	1	3.5	7.33	268	6,875.54
Secador de gabinete CT-C-I	1	15	7.33	268	29,466.60
Molino de martillos HD	1	22	7.33	268	43,217.68
Máquina tamizadora de harina SYM-1500	1	4	7.33	268	7,857.76
Envasadora de harina QC-420	1	3	7.33	268	5,893.32
Banda de clasificación de residuos	1	1.5	7.33	268	2,946.66
Trituradora de martillos CPJ-2	1	18	7.33	268	35,359.92
Carretilla elevadora JAC CPD30J	1	4	3	268	3,216.00
Total					220,069.14

Elaboración propia

Tabla 28: Requerimientos energéticos de los equipos del laboratorio de control de calidad

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h/día)	No. días de uso anual	Consumo de energía (kWh/año)
Balanza analítica	1	0.02	2	268	10.72
Horno de secado	1	2	4	268	2,144.00
Mufla	1	3	2	268	1,608.00
pH-metro digital	1	0.01	2	268	5.36
Termómetro digital	1	0.005	2	268	2.68
Molino de laboratorio	1	1.5	1	268	402.00
Microscopio óptico	1	0.1	2	268	53.60

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h/día)	No. días de uso anual	Consumo de energía (kWh/año)
Incubadora microbiológica	1	0.8	8	268	1,715.20
Autoclave	1	2.5	1.5	268	1,005.00
TOTAL					6,946.56

Elaboración propia

Tabla 29: Requerimientos energéticos de los equipos mobiliarios del área administrativa

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h/día)	No. días de uso anual	Consumo de energía (kWh/año)
Computadoras	4.00	0.20	8.00	268.00	1,715.20
Impresora multifuncional láser	1.00	1.00	1.00	268.00	268.00
Aire acondicionado 18,000 BTU	1.00	1.80	8.00	268.00	3,859.20
Proyector multimedia	1.00	0.30	2.00	200.00	120.00
Gabinete servidor/red	1.00	0.50	24.00	268.00	3,216.00
Router empresarial	1.00	0.02	24.00	268.00	128.64
Teléfonos IP de oficina	4.00	0.01	8.00	268.00	85.76
Total					9,392.80

Elaboración propia

Tabla 30: Requerimientos energéticos de equipos mobiliarios de la oficina de producción

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	No. días de uso anual	Consumo de energía (kWh/año)
Computadoras	2	0.2	8	268	1,123.20
Aire acondicionado 18,000 BTU	1	1.8	8	268	5,049.60
Sistema monitoreo cámaras proceso	1	0.3	24	268	2,527.20
Impresora	1	0.8	1	268	280.8
Teléfonos internos	3	0.01	8	268	84.24
Total					9,065.04

Elaboración propia

Requerimientos indirectos

Tabla 31: Requerimientos indirectos

Requerimientos	Cantidad/año
Detergente alcalino industrial (gal)	120
Desengrasante industrial freidora (gal)	180
Lubricante grado alimentario (L)	95
Grasa industrial rodamientos (kg)	75

Requerimientos	Cantidad/año
Filtros sistema filtración aceite (unid)	48
Desinfectante grado alimentario (gal)	900
Hipoclorito de sodio 12% (gal)	360
Jabón líquido manos (gal)	110
Papel higiénico (rollos industriales)	1 500
Papel toalla (rollos industriales)	1 200
Ambientador sanitario (gal)	60
Escobas industriales	30
Trapeadores industriales	20
Caja guantes látex (100 unid)	420
Caja mascarillas (100 unid)	360
Red para cabello (1000 unid)	10
Botas punta acero	31
Cascos de seguridad	31
Gafas de seguridad	31
Uniformes personal limpieza	8
Medios PCA (paquetes 500 g)	18
Medios PDA (paquetes 500 g)	18
Medios EMB (paquetes 500 g)	18
Agua destilada (L)	60
Reactivos análisis humedad (kg)	12
Reactivos análisis acidez (L)	15
Placas Petri (cajas)	6
Batas laboratorio	6
Resmas papel	420
Caja de lapiceros (12 unid)	12
Caja de grapas	8
Caja sujeta papeles	12
Tóner impresora	12
Uniformes operativos (2 por trabajador)	62

Elaboración propia

7.1.5. Distribución de la planta

Para el diseño de la distribución de planta se aplicó el método SLP (Systematic Layout Planning) de Richard Muther, el cual permite organizar áreas productivas en función del flujo de materiales y relaciones entre actividades.

Tabla 32: Simbología

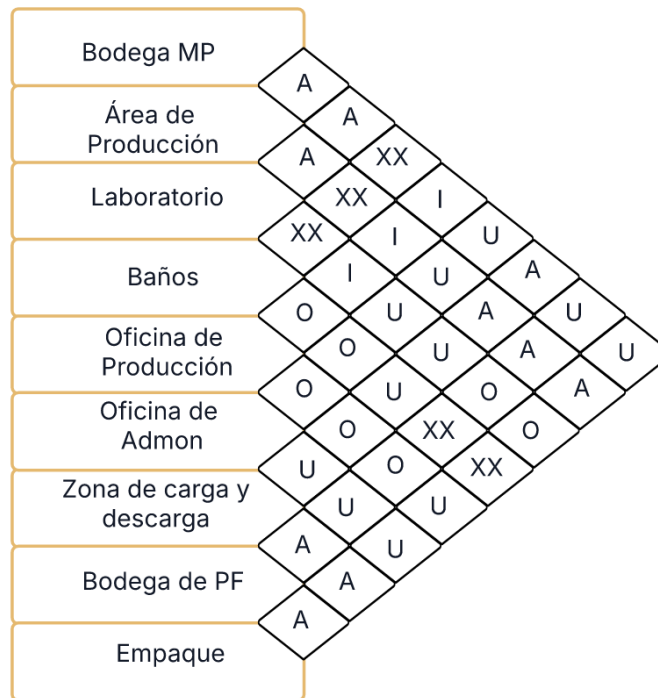
Símbolo	Significado
A	Absolutamente Necesario
E	Especialmente Importante
I	Importante
O	Ordinario
U	Sin Importancia

Símbolo	Significado
X	Indeseable
XX	Muy Indeseable

Elaboración propia

En la figura 4, se muestra la asignación de valores a las áreas de la planta para la distribución óptima del proceso.

Figura 4. Diagrama SLP



Nota. El diagrama fue realizado en la plataforma Creately. Elaboración propia

7.1.6. Obras Civiles

Descripción de las áreas de la planta

Para la distribución de las diferentes áreas de la planta procesadora de plátano, 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, conforme a lo establecido en la Ley N° 618, Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo, referente a ergonomía industrial.

Adicionalmente, se asignaron 2 m² de superficie libre por trabajador en cada área operativa, considerando los pasillos de circulación correspondientes. Estas dimensiones garantizan una movilidad segura, minimizando riesgos para la seguridad, salud y bienestar del personal.

Descripción general de los alrededores y entradas

Se estableció que el perímetro de la planta estará protegido por un cerramiento perimetral con muro de bloque reforzado de 3 metros de altura, garantizando seguridad y control de acceso.

Para disponer de un control eficiente, se instalará una caseta de vigilancia en la entrada principal, funcionando como punto de registro y control de personal y transporte.

Se determinaron tres accesos principales:

1. Acceso para transporte de materia prima y producto terminado (vehículos pesados).
2. Acceso para vehículos livianos del personal administrativo.
3. Acceso peatonal para trabajadores.

El cálculo de las dimensiones del portón de entrada y salida para vehículos pesados se realizó considerando un ancho mínimo de 7 metros y una altura de 3 metros, permitiendo el ingreso de camiones de carga utilizados para el transporte de plátano y despacho de producto terminado

Para el acceso peatonal, se estableció una altura de 2 metros y un ancho de 1,20 metros para garantizar circulación segura

Zona de carga y descarga (150 m²)

El dimensionamiento de esta área se realizó considerando la maniobra de camiones de hasta 12 metros de longitud. Se proyectó un espacio de 15 m × 10 m, equivalente a 150 m², permitiendo estacionamiento, descarga y circulación del montacargas. Esta zona contará con piso de concreto reforzado de alta resistencia para soportar cargas dinámicas, además de pendiente mínima del 2% para drenaje pluvial.

Bodega de materia prima (180 m²)

El área de almacenamiento de materia prima fue calculada considerando la recepción semanal de plátano verde requerido según la capacidad instalada de la planta. Se proyectaron 6 filas de estibas con separación de 1,2 m entre filas y paredes. Las dimensiones seleccionadas

fueron 15 m × 12 m, equivalentes a 180 m², permitiendo circulación segura y ventilación adecuada.

El piso será de concreto pulido con acabado sanitario y paredes repelladas con pintura epóxica lavable hasta 2 metros de altura.

Área de producción (400 m²)

Esta área integra las líneas de:

1. Elaboración de chips
2. Producción de harina
3. Preparación de subproducto para alimento de ganado

Se diseñó con flujo lineal de proceso para evitar contaminación cruzada. El piso será de concreto industrial con acabado antideslizante y drenajes tipo canaleta. La altura mínima libre será de 6 metros para favorecer ventilación y disipación de calor generado durante la fritura y secado.

Se estimó un espacio de 20 m × 20 m, equivalente a 400 m², considerando:

- Maquinaria principal
- Área de fritura
- Área de secado
- Área de molienda
- Espacio libre por operarios
- Pasillos de 1,2 m

Área de empaque (150 m²)

El área de empaque fue dimensionada considerando el volumen diario de producción y el espacio requerido para maquinaria de sellado, pesaje y etiquetado. Se dejó un espacio libre de circulación garantizando condiciones adecuadas de manipulación del producto terminado. Por lo tanto, el área es de 15 m × 10 m, equivalente a 150 m² y espacio ergonómico para 6 operarios.

Área de ensilaje para alimento de ganado (200 m²)

El área de ensilaje se destinará al almacenamiento y fermentación controlada de cáscaras y residuos de plátano provenientes del proceso productivo.

Se diseñó como una estructura independiente del área de producción de alimentos para consumo humano, evitando contaminación cruzada.

Contará con:

- Piso impermeabilizado
- Sistema de drenaje para lixiviados
- Muros laterales reforzados
- Cubierta metálica para protección contra lluvia

La capacidad del área fue determinada considerando el volumen mensual de subproducto generado en la planta. Se proyectó un espacio de 20 m × 10 m, equivalente a 200 m².

Bodega de producto terminado (160 m²)

Esta área fue dimensionada considerando una semana de producción proyectada. Se dejaron pasillos de 1.2 metros entre estantes para permitir circulación y manejo seguro de cargas. El almacenamiento se realizará en estantería metálica industrial.

Las dimensiones seleccionadas fueron 16 m × 10 m, equivalentes a 160 m².

Laboratorio de control de calidad (60 m²)

El laboratorio fue dimensionado conforme al número de analistas y equipos requeridos para el control fisicoquímico y microbiológico del producto. Incluye áreas de análisis, lavado y almacenamiento de reactivos, cumpliendo condiciones sanitarias y ventilación adecuada. Se asignó un área de 10 m × 6 m, equivalente a 60 m²

Oficinas de producción (40 m²)

Se asignaron 4 m² por trabajador para 5 personas, incluyendo espacio libre iluminación LED, ventilación natural complementada con sistema mecánico y mobiliario, resultando un área total de 40 m².

Oficina administrativa (70 m²)

Se asignaron espacios para gerente, administración y contabilidad, considerando áreas comunes. El área total proyectada fue de 70 m².

Servicios sanitarios

Se establecieron servicios separados por género, con ventilación adecuada, acabados lavables y sistema de drenaje sanitario independiente. El área total fue de 50 m².

Área de circulación interna (180 m²)

Se consideró el 10% del área operativa total para pasillos generales y circulación, resultando un área aproximada de 180 m².

Área de estacionamiento (300 m²)

El área de estacionamiento fue dimensionada considerando:

- 2 espacios para camiones de carga (4 m × 12 m cada uno).
- 8 espacios para vehículos livianos del personal administrativo y técnico (2,5 m × 5 m cada uno).

Pasillos de circulación interna de 6 m de ancho

El área total proyectada fue de 20 m × 15 m, equivalente a 300 m², permitiendo maniobra segura de vehículos pesados y livianos sin interferir con la zona de carga y descarga.

El piso será de concreto reforzado en la zona de camiones y adoquinado en la zona de vehículos livianos.

Comedor para trabajadores (80 m²)

El comedor fue dimensionado considerando una capacidad simultánea para el 50% del personal operativo.

Se asignaron 1.5 m² por trabajador en el área de mesas, más espacio de circulación y área de lavado, proyectándose un espacio de 10 m × 8 m, equivalente a 80 m².

El área contará con:

- Mesas y bancas de acero inoxidable
- Área de lavado
- Ventilación natural y mecánica
- Piso cerámico antideslizante

Distribución total

Tabla 33: Distribución total de la planta por área

No.	Descripción	Área (m²)
1	Zona de carga y descarga	150
2	Bodega de materia prima	180
3	Área de producción	400
4	Área de empaque	150
5	Área de ensilaje	200
6	Bodega de producto terminado	160
7	Laboratorio de control de calidad	60
8	Oficina de producción	40
9	Oficina administrativa	70
10	Servicios sanitarios y limpieza	50
11	Área de circulación	180
12	Estacionamiento	300
13	Comedor	80
Total general		2,020 m²

Elaboración propia

Con base en la distribución detallada de los 2,020 m², se estima una inversión en infraestructura física de USD 480,000.00. Este monto contempla la edificación industrial bajo normativas de inocuidad, incluyendo el cerramiento perimetral de 3 metros de altura, la zona de carga de alta resistencia, y el acondicionamiento térmico de las áreas administrativas y de laboratorio. El costo promedio paramétrico se sitúa en los \$237.62 por metro cuadrado global, coherente con las exigencias de la Ley N.º 618 y las NTON de Buenas Prácticas de Manufactura.

Tabla 34: Inversión en activos fijos inmuebles

Concepto	Detalle técnico	Costo total (USD)
Terreno	2,020 m² en Belén, Rivas	15,000.00
Obras civiles	Planta industrial, oficinas y exteriores	480,000.00
Total inmuebles		495,000.00

Elaboración propia

7.1.7. Planificación de talento humano

La planificación del talento humano para la planta procesadora de plátano fue determinada en función de la capacidad instalada de diseño (350 kg/h), la modalidad de operación establecida, la complejidad tecnológica del proceso productivo y los requerimientos administrativos, de control de calidad, mantenimiento, seguridad e higiene industrial.

El dimensionamiento del personal consideró:

- Número de líneas de producción (chips, harina y alimento para ganado).
- Operación en jornada diurna productiva.
- Sistema de vigilancia permanente 24 horas.
- Cumplimiento de normas sanitarias agroindustriales.
- Requerimientos administrativos y contables.
- Necesidades logísticas y de almacenamiento.

La planta operará bajo un turno productivo de 8 horas diarias, seis días a la semana. El personal de vigilancia laborará bajo un sistema rotativo de tres turnos de 8 horas, garantizando cobertura continua durante las 24 horas del día.

El criterio de asignación del personal se fundamentó en estudios de plantas agroindustriales similares, asegurando equilibrio entre eficiencia operativa y viabilidad económica.

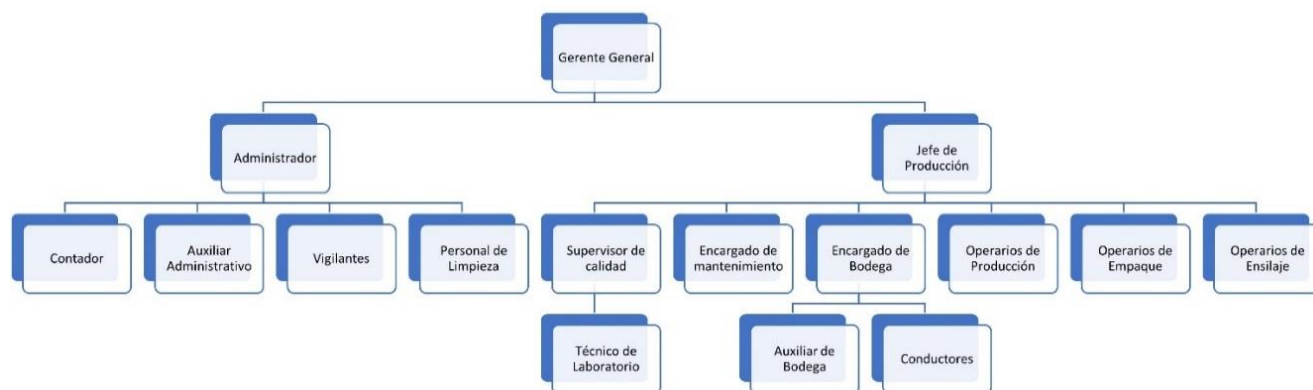
Determinación del Personal Operativo

Para la línea de chips y harina se requiere supervisión constante en las etapas de:

- Recepción y selección
- Pelado y corte
- Secado o fritura
- Molienda (harina)
- Empaque

La línea de alimento para ganado incorpora además el proceso de ensilaje, el cual requiere personal específico para manejo, compactación y control de fermentación.

Figura 5. Organigrama del personal



Elaboración propia

Debido a la simultaneidad parcial de procesos, se determinó el siguiente personal operativo:

Tabla 35: Personal operativo

Cargo	Personal requerido
Operarios de producción	8
Operarios de empaque	3
Operarios de ensilaje	2

Elaboración propia

Determinación del Personal de Apoyo

Área de Mantenimiento

1 Mecánico

Área de Control de Calidad

1 Supervisor de calidad

1 Técnico de laboratorio

Área Administrativa

1 Gerente general

1 Administrador

1 Contador

1 Auxiliar administrativo

Área de Logística

1 Encargado de bodega

1 Auxiliar de bodega

1 Conductor

Área de Servicios Generales

3 Personal de limpieza

Seguridad

4 Vigilantes

Total trabajadores

31

Estructura de costos de mano de obra

Para la determinación del presupuesto anual de mano de obra, se ha diseñado una planilla salarial que cumple con el Código del Trabajo y la Ley de Seguridad Social de Nicaragua. Se proyecta un costo operativo anual de USD 234,360.00, el cual contempla el salario nominal más un factor de carga prestacional del 49.49% para cubrir las obligaciones legales de la empresa.

Tabla 36: Planilla anual estimada de personal (USD)

Cargo	Cant.	Salario base mensual	Total base mensual	Prestaciones de ley (49.49%)	Costo total mensual	Costo total anual
Gerente general	1	\$1,300.00	\$1,300.00	\$643.37	\$1,943.37	\$23,320.44
Jefe de producción	1	\$900.00	\$900.00	\$445.41	\$1,345.41	\$16,144.92
Administrador	1	\$650.00	\$650.00	\$321.69	\$971.69	\$11,660.28
Contador	1	\$600.00	\$600.00	\$296.94	\$896.94	\$10,763.28
Supervisor de calidad	1	\$550.00	\$550.00	\$272.20	\$822.20	\$9,866.40
Mecánico (mantenimiento)	1	\$450.00	\$450.00	\$222.71	\$672.71	\$8,072.52
Encargado de bodega	1	\$450.00	\$450.00	\$222.71	\$672.71	\$8,072.52
Conductor	1	\$400.00	\$400.00	\$197.96	\$597.96	\$7,175.52

Cargo	Cant.	Salario base mensual	Total base mensual	Prestaciones de ley (49.49%)	Costo total mensual	Costo total anual
Técnico de laboratorio	1	\$400.00	\$400.00	\$197.96	\$597.96	\$7,175.52
Auxiliar administrativo	1	\$380.00	\$380.00	\$188.06	\$568.06	\$6,816.72
Auxiliar de bodega	1	\$380.00	\$380.00	\$188.06	\$568.06	\$6,816.72
Operarios de producción	8	\$330.00	\$2,640.00	\$1,306.54	\$3,946.54	\$47,358.48
Operarios de empaque	3	\$330.00	\$990.00	\$489.95	\$1,479.95	\$17,759.40
Operarios de ensilaje	2	\$330.00	\$660.00	\$326.63	\$986.63	\$11,839.56
Personal de limpieza	3	\$310.00	\$930.00	\$460.26	\$1,390.26	\$16,683.12
Vigilantes	4	\$346.00	\$1,384.00	\$684.94	\$2,068.94	\$24,827.28
TOTAL	31		\$13,064.00	\$6,464.79	\$19,528.79	\$234,345.48

Elaboración propia

7.2. Estudio económico

7.2.1. Costos

Para la determinación de la Inversión Total (IT), y siguiendo la metodología de cálculo de Activos Fijos (AF) definida en la Ecuación 6, se integra el costo del activo inmueble. La inversión inicial arranca con la adquisición del terreno en la localidad de Belén por un monto de USD 15,000.00. Este valor se suma a los rubros de maquinaria de proceso, equipos de manipulación y transporte para conformar la base de depreciación y el flujo de caja proyectado desde el año 0 hasta el año 5 del proyecto.

La consolidación de los Activos Fijos (AF), según la Ecuación 6 definida en la metodología, requiere la integración de la inversión en bienes inmuebles e infraestructura. Para efectos del flujo de caja, se establece un valor de USD 15,000.00 para el terreno y USD 480,000.00 para las obras civiles. Estos valores, sumados a la maquinaria de proceso (\$335,282.00), conforman la base principal de la inversión inicial, permitiendo el cálculo de las cuotas de depreciación anual para el horizonte de cinco años del proyecto.

7.2.2. Depreciación de activos fijos

Como parte integral del cálculo de los costos de operación anual y en concordancia con la metodología de evaluación de proyectos, se ha procedido a determinar la depreciación de los activos fijos. La depreciación representa la distribución del costo de inversión a lo largo de su vida útil estimada, funcionando como un gasto deducible de impuestos que no implica una salida real de efectivo, lo cual fortalece el flujo de caja neto del proyecto.

Para este estudio, se ha seleccionado el método de depreciación lineal, aplicando un horizonte técnico de 10 años para todos los activos fijos inmuebles y muebles, garantizando un análisis conservador y alineado con las prácticas estándar de la ingeniería agroindustrial.

7.2.3. Cálculo de la depreciación anual

El monto total de la depreciación se compone de dos rubros principales:

1. **Maquinaria y equipos de proceso:** Basado en la consolidación de la Tabla 30, que detalla los 25 equipos esenciales para las líneas de chips, harina y ensilaje, la inversión total en maquinaria asciende a USD 335,282.00.
2. **Infraestructura y obras civiles:** Derivado del dimensionamiento de la planta de 2,020 m² detallado en la Tabla 28, se ha estimado una inversión en obras civiles de USD 480,000.00 (valor que integra naves industriales, laboratorios y áreas administrativas bajo normativas de inocuidad). Nota: Este valor es una estimación técnica basada en costos paramétricos para Nicaragua, tal como se discutió en el análisis de infraestructura.

Tabla 37: Resumen de depreciación anual de activos fijos

Categoría de activo	Inversión inicial (USD)	Vida útil (Años)	Depreciación anual (USD)
Maquinaria y equipos	\$335,282.00	10	\$33,528.20
Obras civiles (planta)	\$480,000.00	10	\$48,000.00
Total depreciación	\$815,282.00		\$81,528.20

Elaboración propia

Este cargo anual de USD 81,528.20 se incorporará en el flujo de caja del proyecto durante los cinco años de operación (años 1 a 5), permitiendo recuperar la inversión inicial a través del escudo fiscal y asegurar la sostenibilidad financiera del proyecto frente a las obligaciones tributarias nacionales.

7.2.4. Análisis del punto de equilibrio

El punto de equilibrio se define técnicamente como el nivel operativo en el cual los ingresos totales por ventas igualan exactamente a la sumatoria de los costos fijos y variables, resultando en una utilidad nula o beneficio cero.

A. Clasificación de costos para el año 1 (2026)

Para la determinación del punto de equilibrio, se han consolidado los egresos de la planta en tres categorías fundamentales, transformando los requerimientos técnicos descritos en capítulos previos a términos monetarios:

1. Costos Fijos Totales (CFT): Son aquellos desembolsos que la planta debe cubrir independientemente de su nivel de procesamiento.
 - a. Mano de Obra (31 trabajadores): USD 234,345.48. Este monto contempla la planilla anual completa del personal administrativo, operativo y de apoyo, incluyendo todas las prestaciones de ley según la normativa nacional vigente.
 - b. Gastos por Depreciación de Activos: USD 81,528.20. Corresponde a la recuperación de la inversión en maquinaria (335,282.00) y obras civiles (480,000.00) calculada bajo el método de línea recta a 10 años.
 - c. Servicios Administrativos y Otros: USD 15,000.00. Incluye gastos fijos de oficina, seguros y mantenimientos programados no asociados directamente al volumen de producción.
 - d. Total CFT: USD 330,873.68.
2. Costos Variables Unitarios (CVu): Representan los costos que fluctúan en proporción directa a cada kilogramo producido. Estos incluyen la materia prima (plátano verde a un costo base de USD 0.18/kg), los insumos de empaque, la energía eléctrica de proceso y el combustible para la logística de distribución.
3. Se calcularon los ingresos totales del proyecto a partir de los precios de venta establecidos para cada línea de producto: chips de plátano (10.00 USD/kg), harina de plátano (8.50 USD/kg) y ensilaje (0.25 USD/kg).

Los ingresos se determinaron mediante la suma ponderada de cada producto, en función de su volumen de producción anual. Los precios de venta utilizados en el análisis financiero se

estimaron a partir de referencias de mercado en productos similares comercializados, incluyendo chips de plátano empacados y harina de plátano verde destinada a consumo humano. Estos valores representan precios mayoristas estimados para comercialización en cadenas de distribución regionales.

De acuerdo con datos comerciales en Nicaragua, la harina de plátano se vende aproximadamente a 27 USD/kg en presentación minorista, lo que evidencia un alto valor agregado del producto. En este contexto, el precio propuesto en el proyecto resulta competitivo al considerar una comercialización a mayor escala, donde se reducen costos unitarios asociados a empaque, distribución y márgenes comerciales (PlataHarina, 2026).

B. Determinación del punto de equilibrio

El punto de equilibrio del proyecto se determinó mediante un análisis gráfico basado en los valores de ingresos totales y costos totales, en función del nivel de producción anual.

Los ingresos totales fueron calculados a partir de los precios de venta establecidos para cada una de las líneas de producto: chips de plátano (10.00 USD/kg), harina de plátano (8.50 USD/kg) y ensilaje (0.25 USD/kg), considerando los volúmenes de producción correspondientes según los balances de materia. Estos ingresos fueron proyectados con una tasa de crecimiento anual del 3%, en coherencia con el incremento esperado en la producción.

Por su parte, los costos totales incluyen tanto los costos fijos como los costos variables del proceso productivo. Los costos fijos comprenden aquellos que no dependen del nivel de producción, tales como depreciación, salarios administrativos y gastos generales, mientras que los costos variables están asociados directamente al volumen producido, incluyendo materia prima, insumos, energía y transporte. Al igual que los ingresos, los costos fueron proyectados considerando un crecimiento del 3% anual.

A partir de estos datos, se construyó un gráfico en un sistema de coordenadas cartesianas, donde el eje horizontal representa el nivel de producción expresado en kg/año, y el eje vertical representa los valores monetarios en dólares estadounidenses (USD). En dicho gráfico se trazaron la curva de ingresos totales y la curva de costos totales, utilizando los valores proyectados para cada periodo.

El punto de equilibrio se determinó como la intersección entre ambas curvas, representando el nivel de producción en el cual los ingresos totales son iguales a los costos totales. Debido a que los datos utilizados corresponden a valores discretos proyectados, la ubicación del punto

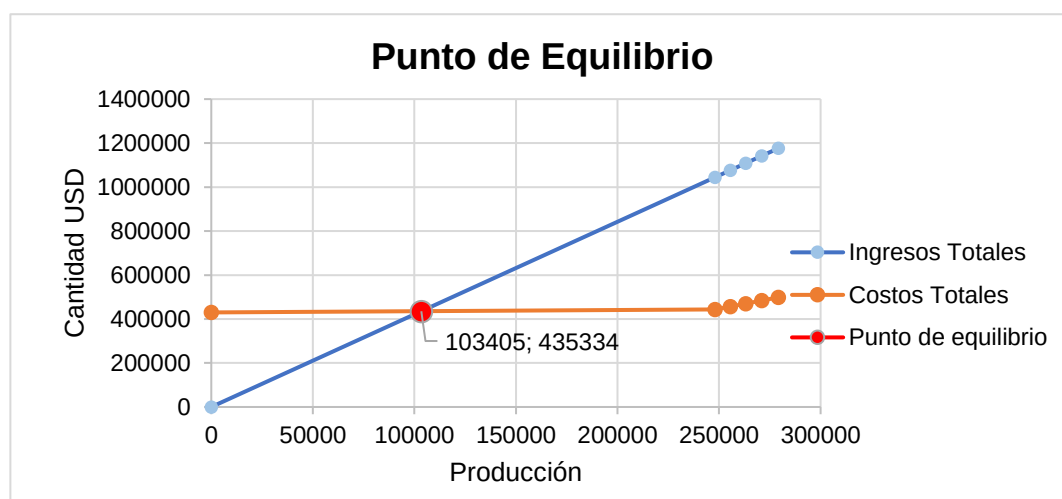
de equilibrio se obtuvo mediante interpolación entre los puntos donde se observa el cambio de una situación de pérdida a una de ganancia.

Tabla 38: Proyecciones de producción, ingresos y costos totales

Producción (kg)	Ingresos (\$)	Costos totales (\$)
0	0	429,969.68
248,104	1,045,199	442,868.77
255,547	1,076,555	456,154.83
263,213	1,108,852	469,839.48
271,110	1,142,117	483,934.66
279,243	1,176,381	498,452.70

Elaboración Propia

Figura 6. Gráfico del punto de equilibrio



Elaboración propia

Como resultado, el punto de equilibrio del proyecto se ubica en aproximadamente 103,405 kg/año, lo que indica el nivel mínimo de producción requerido para cubrir la totalidad de los costos del sistema.

C. Interpretación de resultados

El punto de equilibrio del proyecto se determinó en 103,405 kg/año de producto total, lo que representa aproximadamente el 41.7% de la capacidad productiva instalada. Este resultado indica que el sistema productivo requiere operar por encima de dicho nivel para cubrir la totalidad de sus costos y comenzar a generar utilidades. En este sentido, el proyecto presenta un margen de seguridad del 58.3%, lo que implica que puede soportar reducciones

considerables en el nivel de producción sin incurrir en pérdidas, evidenciando una adecuada solidez financiera.

Desde el punto de vista económico, el nivel de equilibrio alcanzado se considera favorable, ya que se encuentra por debajo del 50% de la capacidad instalada. Esto refleja una estructura de costos eficiente, en la cual los ingresos generados por los productos de mayor valor agregado, como los chips y la harina de plátano, compensan el bajo precio de comercialización del ensilaje.

En conjunto, estos resultados confirman la viabilidad económica del proyecto, demostrando que el sistema puede alcanzar el equilibrio financiero en un nivel de producción accesible, manteniendo un margen adecuado para la generación de utilidades en condiciones normales de operación.

7.2.5. Evaluación financiera y flujo de caja proyectado

Estructura de la inversión inicial (Año 0)

La inversión total necesaria para la puesta en marcha de la planta asciende a USD 830,282.00. Este monto se desglosa de la siguiente manera:

- Activos Fijos Inmuebles: USD 495,000.00 (Terreno en Belén y Obras Civiles).
- Maquinaria y Equipos de Proceso: USD 335,282.00 (Líneas de chips, harina y ensilaje).

Flujo de efectivo neto proyectado

El flujo de caja se ha construido considerando un crecimiento anual sostenido del 3% tanto en producción como en costos operativos, manteniendo los precios de venta estables para un escenario conservador.

Tabla 39: Flujo de caja neto proyectado (USD)

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos totales		1,045,199	1,076,555	1,108,852	1,142,118	1,176,382
Egresos operativos		(434,304)	(447,333)	(460,753)	(474,576)	(488,813)
EBITDA		610,895	629,222	648,099	667,542	687,569
Depreciación		(81,528)	(81,528)	(81,528)	(81,528)	(81,528)
Utilidad antes de impuestos		529,367	547,694	566,571	586,014	606,041

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Impuesto sobre la renta (30%)		(158,810)	(164,308)	(169,971)	(175,804)	(181,812)
Utilidad Neta		370,557	383,386	396,600	410,210	424,229
(+) Depreciación		81,528	81,528	81,528	81,528	81,528
Inversión inicial	(830,282)					
Flujo neto de efectivo	(830,282)	452,085	464,914	478,128	491,738	505,757

Elaboración propia

7.2.6. Análisis y memorias de cálculo de los indicadores de rentabilidad

Valor Presente Neto (VPN)

El VPN mide la riqueza adicional que genera el proyecto en moneda de hoy, tras cubrir la inversión y el costo de oportunidad del capital. Se calculó con la Ecuación 7 descrita en el acápite de la Metodología

Sustitución de valores

$$VPN = -830,282 + \frac{452,085}{(1.15)^1} + \frac{464,914}{(1.15)^2} + \frac{478,127}{(1.15)^3} + \frac{491,737}{(1.15)^4} + \frac{505,756}{(1.15)^5}$$

Resultado

USD 761,355

Análisis

El valor presente neto es positivo y considerablemente alto, lo que indica que el proyecto genera valor económico significativo para los inversionistas después de recuperar la inversión inicial.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero, representando la rentabilidad propia del proyecto. Se calculó con la Ecuación 8 descrita en el acápite de la Metodología

Procedimiento

Se resuelve mediante iteración financiera para hallar la tasa que equilibra la ecuación.

Resultado

48.7%

Análisis

La TIR es muy superior a la tasa mínima aceptable de rendimiento (15 %), lo que demuestra que el proyecto presenta una alta rentabilidad financiera.

Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

El PRI determina el tiempo necesario para que los flujos de efectivo netos acumulados igualen el monto de la inversión inicial. Se calculó con la Ecuación 9 descrita en el acápite de la Metodología

Sustitución de valores

$$PRI = \frac{830,282.00}{452,085} = 1.8 \text{ Años}$$

Resultado

2 años aproximadamente

Análisis

De acuerdo con los resultados obtenidos, el proyecto presenta un periodo de recuperación aproximado de 1.8 años, lo que indica que la inversión inicial de 830,282 USD se recupera entre el primer y segundo año de operación de la planta.

Este resultado evidencia que el proyecto posee una alta capacidad de generación de flujos de efectivo, permitiendo recuperar la inversión en un periodo relativamente corto dentro del horizonte de evaluación establecido.

En términos financieros, un periodo de recuperación menor a tres años es considerado favorable en proyectos agroindustriales, ya que reduce el riesgo asociado a la inversión y

mejora la liquidez del proyecto. Por lo tanto, el resultado obtenido demuestra que la planta procesadora de plátano para la producción de chips, harina y alimento para ganado presenta una recuperación de capital rápida y un nivel adecuado de rentabilidad financiera.

Relación Beneficio-Costo (B/C)

Este indicador muestra cuánto se obtiene de beneficio por cada dólar invertido en términos de valor presente. Se calculó con la Ecuación 10 descrita en el acápite de la Metodología

Sustitución de valores

$$B | C = \frac{761,355 + 830,282}{830,282} = \frac{1591637}{830,282} = 1.92$$

Análisis

Este resultado indica que por cada dólar invertido en el proyecto se generan aproximadamente 1.92 dólares en beneficios actualizados, lo cual demuestra que los ingresos generados por la operación de la planta superan ampliamente los costos de inversión y operación.

De acuerdo con los criterios de evaluación financiera de proyectos, cuando la relación beneficio–costo es mayor que uno, el proyecto se considera económicamente viable, ya que los beneficios obtenidos compensan los costos incurridos. En este caso, el valor obtenido refleja una alta eficiencia económica del proyecto, evidenciando que la transformación del plátano en productos con mayor valor agregado permite generar beneficios significativos para los inversionistas.

Por lo tanto, el análisis de la relación beneficio–costo confirma que el proyecto presenta una adecuada rentabilidad financiera y sostenibilidad económica, contribuyendo al aprovechamiento integral del plátano y al desarrollo de la agroindustria local.

7.3. Evaluación técnica del aprovechamiento de subproductos

A partir del balance de materia de la línea de producción de chips, se determinó la generación de una corriente de aceite residual equivalente a 0.51 kg/h, correspondiente al aceite drenado posterior al proceso de fritura. Bajo un régimen operativo de 268 días al año y 8 horas diarias, se estimó una producción anual de 1,093.44 kg/año de aceite residual.

Desde el punto de vista económico, se evaluó su potencial de comercialización en el mercado nacional. De acuerdo con referencias de precios mayoristas de aceites vegetales en Nicaragua, los cuales oscilan entre 0.15 y 0.24 USD/kg para aceite de palma y hasta 0.66 USD/kg para aceites refinados como el de girasol, se estableció un valor conservador de 0.20 USD/kg para el aceite residual, considerando su degradación térmica y menor calidad comercial (Selina, 2026)

En función de este precio, el ingreso anual estimado por la venta del aceite residual es de 218.69 USD/año. Este valor, aunque representa una fracción menor dentro de los ingresos totales del proyecto, contribuye a la diversificación de fuentes de ingreso y mejora la rentabilidad global del sistema productivo.

Adicionalmente, desde el enfoque ambiental, la valorización del aceite residual evita su disposición inadecuada, reduciendo el impacto contaminante asociado a este tipo de residuos, caracterizados por su alta carga orgánica y baja biodegradabilidad. Por tanto, su aprovechamiento fortalece el modelo de economía circular implementado en la planta, integrando criterios de sostenibilidad técnica, económica y ambiental.

VIII. CONCLUSIONES

Tras la finalización del presente estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de plátano verde en el departamento de Rivas, se desprenden las siguientes conclusiones:

1. Se concluye que existe una disponibilidad suficiente y constante de plátano verde en las principales zonas productoras del país, particularmente en el departamento de Rivas, representando el 70% de la producción nacional de plátano, lo cual garantiza el abastecimiento continuo de la planta. La selección de Belén como ubicación óptima responde a criterios técnicos y logísticos que permiten reducir costos de transporte y asegurar la frescura de la materia prima.
2. El desarrollo del diagrama de bloques permitió estructurar de manera clara y eficiente las operaciones unitarias necesarias para la obtención de chips, harina y ensilaje, demostrando la viabilidad técnica del proceso. Se comprobó que la integración de estas tres líneas productivas maximiza el aprovechamiento de la materia prima y mejora la eficiencia global del sistema.
3. El dimensionamiento de la planta, con una capacidad de 350 kg/h y una operación de 268 días al año, demuestra que es técnicamente viable alcanzar una producción anual significativa, optimizando el uso de equipos y recursos disponibles. La selección de maquinaria responde a criterios de eficiencia, productividad y cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad.
4. Los indicadores financieros validan la alta rentabilidad del proyecto, con un Valor Presente Neto (VPN) de USD 761,355 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 48.7%, superando ampliamente la TMAR del 15% establecida. El proyecto demuestra una robusta capacidad de generación de valor, logrando la recuperación de la inversión inicial de USD 830,282.00 en un periodo de 1.8 años.
5. Se concluye que el proyecto integra de manera efectiva un modelo de economía circular, mediante el aprovechamiento de la cáscara para la producción de ensilaje y la valorización del aceite residual generado en el proceso de fritura. Este último alcanza una disponibilidad de aproximadamente 1,093.44 kg/año, generando ingresos adicionales estimados en 218.69 USD/año, lo que contribuye a la diversificación económica y reducción del impacto ambiental del proceso.

IX. RECOMENDACIONES

Para garantizar el éxito en la implementación y operación de la planta, se recomienda:

1. Se recomienda realizar pruebas piloto a escala semiindustrial para validar los rendimientos obtenidos en el estudio teórico, especialmente en las etapas de fritura y secado, con el fin de ajustar variables operativas como temperatura, tiempo y espesor de corte.
2. Implementar sistemas de control y monitoreo del aceite de fritura (filtrado, recirculación y control de calidad) para prolongar su vida útil, reducir costos operativos y maximizar la cantidad de aceite residual recuperable para su comercialización.
3. Se recomienda establecer alianzas con empresas recicladoras o productoras de biodiésel para la venta del aceite residual, así como con productores ganaderos para asegurar la comercialización del ensilaje, garantizando ingresos constantes por subproductos.
4. Se recomienda profundizar en estudios de mercado para identificar oportunidades de exportación y diversificación de productos, especialmente en segmentos de snacks saludables y alimentos funcionales.

X. REFERENCIAS

- Acevedo, S., Díaz, Á., y Florez, E. (31 de 08 de 2021). *National Library of Medicine*.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8434441/#:~:text=Tras%20la%20cosecha%2C%20casi%20el,de%20muchos%20otros%20pa%C3%ADses%20emergentes>.
- Alam, M., Biswas, M., Hasan, M. M., Hossain, M. F., Zahid, M. A., Al-Reza, M. S., y Islam, T. (2023). Quality attributes of the developed banana flour: Effects of drying methods. *Heliyon*, 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18312>
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de Proyectos* (7 ed.). McGraw-Hill Education.
- Baldeón, M. A., y Mosquera, A. (2022). *Diseño de una planta de harina de banano para la elaboración de productos con alto valor nutricional*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Bashmil, Y. M., Bekes, F., Ruderman, M., Suleria, H. A., Appels, R., y Dunshea, F. R. (2025). The Physicochemical and Rheological Properties of Green Banana Flour Wheat Flour Bread Substitutions. *MDPI*.
- Bazina, N., Ahmed, T., Almdaaf, M., y Jibia , S. (13 de 10 de 2025). *National Library of Medicine*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12516161/>
- Bejarano, C. (2024). *Production of Chips Green Banana*. Hungría: Universitas Scientiarum Szegediensis.
- Blank, L. T., y Tarquin, A. (2024). *Engineering economy* (9 ed.). McGraw-Hill Education.
- Britannica. (2025). *Banana*. <https://www.britannica.com/plant/banana-plant>
- Castillo, T., y Jiménez, E. (2021). *La Calera*. <https://doi.org/10.5377/calera.v17i28.6363>
- Cordenunsi-Lysenko, B. R., Oliveira Nascimento, J. R., Costa Castro-Alves, V., Purgatto, E., Fabi, J. P., y Gonçalves Peroni-Okyta, F. H. (2019). *The Starch Is (Not) Just Another Brick in the Wall: The Primary Metabolism of Sugars During Banana Ripening*. *Frontiers*: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.00391/full>
- Dussán-Sarria, S. G.-A.-Z. (2017). Effect of use of Antioxidants on Green Plantain Slices Dominico-Harton (Musa AAB Simmonds). Valle del Cauca, Palmira, Colombia.

- El 19 Digital*. (20 de enero de 2025). <https://www.el19digital.com/articulos/ver/160472-119-millones-de-kilogramos-de-platano-nicaraguense-se-exportaron-en-2024#:~:text=11.9%20millones%20de%20kilogramos%20de%20pl%C3%A1tano%20nicarag%C3%BCense%20se%20exportaron%20en%202024>
- El 19 Digital*. (29 de 5 de 2025). *El 19 Digital*: <https://www.el19digital.com/articulos/ver/164721-ministerio-agropecuario-reporta-produccion-de-banano-de-15-millones-de-cajas-de-42-libras?>
- El Diario Nica*. (2025). <https://eldiarionica.com/2025/01/28/rivas-y-ometepe-el-corazon-de-la-produccion-de-platano-en-nicaragua/?>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1977). *Bananas (Better Farming Series No. 18; FAO Economic and Social Development Series No. 3/18)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/t0308e/t0308e00.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Enero de 2026). *Banana*. Land & Water: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/banana/en/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization. (2023). *General principles of food hygiene*. Codex Alimentarius Commission. <https://doi.org/10.4060/cc6125en>
- Global Growth Insights*. (2025). <https://www.globalgrowthinsights.com/es/market-reports/functional-foods-and-natural-health-product-market-109807?>
- Hansson, U. (2012). *Ensiling characteristics of banana peeling*. Swedish University of Agricultural Sciences. https://stud.epsilon.slu.se/4834/11/hansson_u_120921.pdf
- Kumar, A., Bhayana, S., y Singh, P. (19 de 02 de 205). *Springer Nature Link*. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00905-7>
- Latorre, F. (2021). Diseño de un proceso para la obtención de tres tipos de snacks a partir de plátano verde (musa paradisiaca) para el gobierno autónomo descentralizado municipal intercultural y plurinacional del Cantón Arajuno provincia de Pastaza. Riobamba, Ecuador.

- Liu, J., y Guo, J. (2002). Ensiling crop residues. En *Animal production based on crop residues: Chinese experiences*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/y1936e/y1936e08.htm>
- Marcelino, L., González, V., y Ríos, D. (2012). El cultivo del plátano (*Musa Paradisiaca*) en Panamá. Panamá.
- Martins, L., Rocha, F., Barros, M., dos Santos, A., Harumi, E., de Oliveira, M., Márcio, M., Wanderlei, C., Gonçalves, V., Azevedo, L., Larraz, M., Duarte, H., Ferrari, M., y Ribeiro, F. (2024). Green banana (*Musa ssp.*) mixed pulp and peel flour: A new ingredient with interesting bioactive, nutritional, and technological properties for food applications. *ScienceDirect*.
- Mermelstein, N. H. (2013). *FOOD SAFETY & QUALITY*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ift.org/~media/food%20technology/pdf/2013/02/0213_col_foodsafetyquality.pdf
- Ministerio Agropecuario. (2024). <https://mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=278:nicaragua-registra-una-excepcional-produccion-de-platano-en-2024&catid=11#:~:text=Nicaragua%20registra%20una%20excepcional%20producci%C3%B3n%20de%20pl%C3%A1tano%20en%202024&text=El%20cultivo%20de%2>
- Mohanty, A., Siddhika, A., y Sampath, C. (2024). *Science Direct*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666052024000037?>
- Munir, H., Alam, H., Nadeem, M. T., Almaki, R. S., Arshad, M. S., y Rasul Suleria, H. A. (2024). Green banana resistant starch: A promising potential as functional ingredient against certain maladies. *Food Science & Nutrition*, 12, 3787-3805. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4063>
- Novita, A., y Ratna, Y. (2024). *Research Gate*. https://www.researchgate.net/publication/382095663_Analysis_of_the_Quality_of_Fresh_and_Used_Cooking_Oil_Among_Fried_Catfish_Street_Vendors_in_the_Eastern_Region_of_Lamongan_Sub-District_Lamongan_District
- Office of the Gene Technology Regulator. (2023). *The Biology of Musa L. (banana)*. https://www.ogtr.gov.au/sites/default/files/2025-07/the_biology_of_musa_l_banana.pdf

- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., y West, R. E. (2003). *Plant desing and economics for chemical engineers* (5 ed.). McGraw-Hill Education.
- Pico, J., Xu, K., Guo, M., Mohamedshah, Z., Ferruzzi, M. G., y Martinez, M. M. (2019). Manufacturing the ultimate green banana flour: Impact of drying and extrusion on phenolic profile and starch bioaccessibility. *ScienceDirect*.
- PlataHarina. (2026). <https://plataharina.com/>
- PlataHarina. (2026). <https://plataharina.com/>
- Selina, W. (2026). *SELINA WAMUCII*.
<https://www.selinawamucii.com/es/perspectivas/precios/nicaragua/aceite-de-palma/>
- Sheikh, N. H. (1989). The preservation of banana crop residues through ensiling process. En *Overcoming constraints to the efficient utilization of agricultural by-products as animal feed*. African Research Network for Agricultural By-Products (ARNAB).
<https://www.fao.org/4/x5490e/x5490e0v.htm>
- Soorianathasundaram, K., Narayana, C., y Paliyath, G. (2016). *Encyclopedia of Food and Health*. ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/chapter/referencework/abs/pii/B9780123849472000544>
- Suntharalingam, S., y Ravindran, G. (1993). Physical and biochemical properties of green banana flour. *Planst Foods for Human Nutrition*, 43(1), 19-27.
<https://doi.org/10.1007/BF01088092>
- Torres, A., y Contreras, M. (2020). *Proceso de Elabración y Coercialización de harina artesanal de plátano (Musa paradisiaca) en el barrio Guanuca, departamento de Matagalpa, en el período 2019-2020*. Matagalapa: Universidad Nacional Agraria .
- Torres, O., Velásquez, J., y Ruiz, R. (2022). *Estudio a nivel de prefactibilidad para la producción de harina a partir del plátano de segunda como opción de alimento saludable para el segmento de mercado del Distrito V de Managua, durante el período comprendido de marzo a noviembre del 2022*. Managua: UNAN - Managua.
- Towler, G., y Sinnott, R. (2021). *Chemical engineering design: Principles, practice and economics of plant and process design* (3 ed.). Butterworth-Heinemann.

TV Noticias. (2025). <https://canal2tv.com/economicas/alta-produccion-platano-nicaragua/>

Viva Nicaragua Canal 13. (30 de 9 de 2025).

<https://www.vivanicaragua.com.ni/2025/09/30/economia/chinandega-cosecha-millones-banano/>

Zalameda, E., y Falco, M. E. (2013). *Banana Processing (2nd ed.)*. Industrial Technology Development Institute, Department of Science and Technology.

https://itdi.dost.gov.ph/images/LivelihoodTechnologyBrochures/09-Banana_Processing.pdf

Zeledón Rodríguez, J. E. (2025). Identificación de Tipos de Plátanos y Bananos. *Tecnologías para Mejorar la Producción y Productividad Agropecuaria*.

XI. ANEXOS

11.1. Anexos A: Balances de materia y energía

Los balances de materia y energía se calcularon tomando como base la capacidad real de operación de la planta, la cual se determinó utilizando la ecuación 3. Los resultados son los siguientes:

$$CR = 315 \frac{kg}{h} \times 0.85$$

$$CR = 268 \text{ kg/h}$$

Supuestos técnicos

Pérdida por selección: 3%

$$268 \frac{kg}{h} \times 0.03 = 8.04 \text{ kg/h}$$

Plátano apto para proceso:

$$\frac{268kg}{h} - \frac{8.04kg}{h} = 259.96 \text{ kg/h}$$

Pérdida por pelado: 27%

$$259.96 \frac{kg}{h} \times 0.27 = 70.19 \text{ kg/h}$$

Pulpa útil:

$$259.96 \frac{kg}{h} - 70.19 \frac{kg}{h} = 189.77 \text{ kg/h}$$

Distribución de materia prima por línea

De la pulpa útil se decidió procesar 60% para la línea de chips y 40% para la línea de harina.

Por lo tanto:

Entrada Chips de plátano:

$$189.77 \frac{kg}{h} \times 0.60 = 113.86 \frac{kg}{h}$$

Entrada Harina:

$$189.77 \frac{kg}{h} \times 0.40 = 75.91 \frac{kg}{h}$$

Primera etapa: recepción, selección de materia prima, lavado y desinfectado

Lavado y desinfectado

Relación agua de lavado: 2 L/Kg

$$189.77 \frac{kg}{h} \times \frac{2L}{Kg} = 379.54 \frac{L}{h} = 379.54 \frac{kg}{h}$$

Concentración de Cloro: 100 mg/L

$$379.54 \frac{L}{h} \times 100 \frac{mg}{L} = 37,954 \frac{mg}{h}$$

$$37,954 \frac{mg}{h} \div \frac{1kg}{1\,000\,000\,mg} = 0.038 \frac{kg}{h}$$

Línea de Chips

Rebanado

Entrada pulpa limpia: 113.86 kg/h

Componente	kg/h
Agua (75%)	85.395
Sólidos	28.465

No hay pérdida de masa, por lo tanto:

Entrada	Salida
113.86 pulpa	113.86 rodajas

Fritura

Supuestos técnicos

Se reduce humedad al 2%

$$\frac{28.465 \frac{kg}{h}}{1 - 0,02} = 29.05 \frac{kg}{h}$$

Agua final en chips:

$$29.05 \times 0.02 = 0.581 \text{ kg/h}$$

Agua evaporada:

$$85.395 - 0.581 = 84.814 \frac{kg}{h}$$

Aceite absorbido: 35%

$$29.05 \times 0.35 = 10.17 \text{ kg/h}$$

Energía de fritura:

$$Q = 84.8414 \frac{kg}{h} \times \frac{2257 kJ}{Kg}$$

$$Q = 191\,506 \frac{kJ}{h}$$

Escurreado

Aceite superficial eliminado: 5%

$$10.17 \frac{kg}{h} \times 0.05 = 0.51 \frac{kg}{h}$$

Aceite retenido en chips:

$$\frac{10.17 kg}{h} - 0.51 \frac{kg}{h} = 9.66 \frac{kg}{h}$$

En la etapa de enfriamiento y separación no hay cambios de masa

Empacado y almacenamiento

Producto final: 29.05 kg/h

Línea de Harina

Entada de pulpa limpia: 75.91 kg/h

Composición inicial

Humedad: 75%

Componente	kg/h
Agua	56.93
Sólidos	18.97

Preparación de salmuera

Relación sal-pulpa: 1.5 L/kg

$$75.91 \frac{kg}{h} \times 1.5 \frac{L}{kg} = 113.87 \frac{L}{h} = 113.87 \frac{kg}{h}$$

Sal al 2%

$$113.87 \frac{kg}{h} \times 0.02 = 2.28 \frac{kg}{h}$$

Entrada de agua:

$$113.87 \frac{kg}{h} - 2.28 \frac{kg}{h} = 111.585 \frac{kg}{h}$$

Remojo:

Sal retenida 10 % solución

$$75.91 \frac{kg}{h} \times 0.10 = 7.591 \frac{kg}{h}$$

Composición absorbida:

$$7.591 \frac{kg}{h} \times 0.02 = 0.152 \frac{kg}{h}$$

$$7.591 \frac{kg}{h} - 0.152 \frac{kg}{h} = 7.44 \frac{kg}{h}$$

Salmuera descartada:

$$113.87 \frac{kg}{h} - 7.591 \frac{kg}{h} = 106.28 \frac{kg}{h}$$

Masa después del remojo:

$$75.91 \frac{kg}{h} + 7.591 \frac{kg}{h} = 83.50 \frac{kg}{h}$$

Composición antes del secado:

Agua total:

$$56.93 \frac{kg}{h} + \frac{7.44kg}{h} = 64.37 \frac{kg}{h}$$

Sólidos Plátano:

$$18.98 \frac{kg}{h} + 0.152 \frac{kg}{h} = 19.13 \frac{kg}{h}$$

Secado

Humedad final: 10%

Masa final:

$$\frac{19.13kg/h}{0.90} = 21.26 \frac{kg}{h}$$

Agua final:

$$21.26 \frac{kg}{h} \times 0.10 = 2.13 \frac{kg}{h}$$

Agua evaporada:

$$64.37 \frac{kg}{h} - 2.13 \frac{kg}{h} = 62.24 \frac{kg}{h}$$

Energía de secado:

$$Q = 62.24 \frac{kg}{h} \times 2257 \frac{kJ}{kg} = 140,480 \text{ kJ/kg}$$

Balance de agua:

Entrada

Agua pulpa: 56.93 kg/h

Agua salmuera: 111.59 kg/h

$$\frac{56.93 kg}{h} + 111.59 \frac{kg}{h} = 168.52 \frac{kg}{h}$$

Salida

Agua salmuera descartada: 104.15 kg/h

Agua evaporada: 62.24 kg/h

Agua producto: 2.13 kg/h

$$104.15 \frac{kg}{h} + 62.24 \frac{kg}{h} + 2.13 \frac{kg}{h} = 168.52 \frac{kg}{h}$$

Alimento para ganado

Materia prima: cáscara proveniente del pelado: 70.19 kg/h

Humedad típica de la cáscara: 85%

Sólidos: 15%

Por lo tanto:

Agua:

$$70.19 \frac{kg}{h} \times 0.85 = 59.66 \frac{kg}{h}$$

Sólidos:

$$70.19 \frac{kg}{h} \times 0.15 = 10.53 \frac{kg}{h}$$

$$Total = 59.66 \frac{kg}{h} + 10.53 \frac{kg}{h} = 70.19 \frac{kg}{h}$$

Lavado de cáscaras

Agua de lavado: 1 L/kg

Retención superficial después de escurrido: 5%

Agua usada:

$$70.19 \frac{kg}{h} \times 1 \frac{L}{kg} = 70.19 \frac{kg}{h}$$

Agua retenida:

$$70.19 \frac{kg}{h} \times 0.05 = 3.51 \frac{kg}{h}$$

Agua drenada:

$$70.19 \frac{kg}{h} - 3.51 \frac{kg}{h} = 66.68 \frac{kg}{h}$$

Triturado

No hay pérdida de masa

Marchitamiento

Reducción de humedad al sol (~8 h)

Se elimina 15% del agua total presente

Agua antes del marchitamiento:

$$59.66 \frac{kg}{h} + 3.51 \frac{kg}{h} = 63.17 \frac{kg}{h}$$

$$63.17 \frac{kg}{h} \times 0.15 = 9.48 \frac{kg}{h}$$

Agua después del marchitamiento:

$$\frac{63.17 kg}{h} - 9.48 \frac{kg}{h} = 53.69 \frac{kg}{h}$$

Composición del marchitamiento:

Componente	kg/h
Agua	53.69
Sólidos	10.53
Total	64.22 kg/h

Mezclado con melaza

Melaza: 5%

$$64.22 \frac{kg}{h} \times 0.05 = 3.21 \frac{kg}{h}$$

Composición típica de la melaza:

75% sólidos

25% agua

$$3.21 \frac{kg}{h} \times 0.75 = 2.41 \frac{kg}{h}$$

$$3.21 \frac{kg}{h} \times 0.25 = 0.80 \frac{kg}{h}$$

Masas antes del ensilado:

Componente	kg/h
Agua cáscara	53.69
Agua melaza	0.80
Sólidos cáscara	10.53
Sólidos melaza	2.41
Total mezcla ensilable	67.43

Ensilaje y Fermentación

Entradas

Pérdidas fermentativas: 3%

Masa perdida:

$$67.43 \frac{kg}{h} \times 0.03 = 2.02 \frac{kg}{h}$$

Producto final ensilado:

$$67.43 \frac{kg}{h} - 2.02 \frac{kg}{h} = 65.41 \frac{kg}{h}$$

Balance de agua:

Entrada agua

$$59.66 \frac{kg}{h} + 70.19 \frac{kg}{h} + 0.80 \frac{kg}{h} = 130.65 \frac{kg}{h}$$

Salida de agua

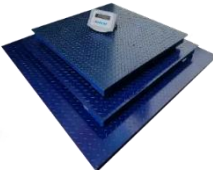
$$66.68 \frac{kg}{h} + 9.48 \frac{kg}{h} + 54.49 \frac{kg}{h} = 130.65 \frac{kg}{h}$$

Balance de energía:

$$Q = 9.48 \frac{kg}{h} \times 2257 \frac{kJ}{kg} = 21395 \text{ kJ/kg}$$

11.2. Anexo B: Fichas técnicas de los equipos

Tabla 40: Ficha técnica de los equipos del proceso productivo

Equipo	Marca	Modelo	Características	Referencia	Costo	Imagen
Báscula de plataforma	YAOHUA	P020	Estructura de acero al carbón.	https://www.servibasculas.com/producto/bascula-de-plataforma-industrial-de-acero-al-carbon/	\$ 3,190	
			Acabado superficial de alta calidad.			
			Tamaño: 1x1m; 1,2x1,2m; 1,5x1,5m.			
			Capacidad: 1,5 ton.			
Tolva de recepción y alimentación	TABANLI	SAN VE TIC LTD STI	Longitud: 3,8m; ancho: aprox 2,3m.	https://www.directindustry.es/prod/tabanli-makina-san-ve-tic-ltd-sti/product-4560632-2750322.html	\$ 6,525	
			Fabricada en acero inoxidable AISI 304.			
			Velocidad de la banda transportadora ajustable.			
Mesa de inspección	KRONEN	Personalizado	Ancho de la banda transportadora: 700mm.	https://www.kronen.eu/es/soluciones/mesa-de-inspeccion-con-banda#productdetail-437-techData	\$ 9,860	
			La longitud, ancho y altura son ajustables.			
			La velocidad de transporte es ajustable.			
Lavadora	KRONEN	GEWA 2600 ECO	Capacidad máxima: 600 kg/h	https://www.kronen.eu/es/soluciones/lavadora-gewa-2600-eco-con-salida-por-vibracion-o-por-banda-transportadora	\$ 26,825	
			Sistema de lavado helicoidal			
			Fabricada en acero inoxidable AISI 304.			
Máquina escurridora	WL	ZTS	Dimensiones: 2400x950x800mm	http://vegetable-processing.com.ar/1-4-dewatering.html	\$ 10,875	
			Capacidad: 1000 kg/h			
			La máquina se puede personalizar según sus especificaciones			

Equipo	Marca	Modelo	Características	Referencia	Costo	Imagen
Máquina rebanadora	TAIZY	TZ-100	Capacidad: 400 kg/h Tamaño: 950x880x950mm La máquina se puede personalizar según sus especificaciones	https://allpotatoes.com/es/banana-slicing-machine/	\$ 14,210	
Tanque de salmuera	OGALSA	DAS 1000	Depósito de sección circular con capacidad de 1000 litros con fondo cónico Fabricado en acero inoxidable AISI 304 y AISI 316 L Agitador de 3 palas (1,5 kW)	https://roser-group.com/producto/sistema-para-preparacion-de-salmuera-ogalsa-das-500-das-1000-das-1500/	\$ 5,655	
Freidora industrial	SOGUKSAN	Personalizado	Freidora continua de cinta Tiempo de fritura ajustable La máquina se puede personalizar según sus especificaciones	https://www.directindustry.es/prod/soguksan-ltd/product-242767-2821162.html	\$ 13,022	
Desaceitador centrífugo	TONDE	BTY-800	Dimensiones: 1200x1200x1400mm. Fabricado en acero inoxidable 304. La máquina utiliza el principio centrífugo y el trabajo continuo.	https://frenchfriesmachine.com/spanish/maquina-de-patatas-fritas/desaceitadora-de-patatas-fritas.html#automatic-deoiler	\$ 12,470	
Máquina empacadora para chips	SAMFULL	SF-2.0GT	Fabricado en acero inoxidable 304. Material de película: PET/VMPET/PE. Dimensiones: L1080xW1300xH1400 mm.	https://www.samfulles.com/maquina-empacadora-de-botanas/high-speed-snacks-packing-machine.html	\$ 32,625	

Equipo	Marca	Modelo	Características	Referencia	Costo	Imagen
Secador de gabinete	YIBU	CT-C-I	Bandejas de secado: 48.	http://material-dryer.com/1-6-1-tray-dryer/	\$ 20,300	
			Dimensiones: 2300x1200x2000.			
			Capacidad de secado: 100 kg			
Molino de martillos	HD	Personalizado	Capacidad: 1 ton/h	https://hdsas.com/maquinaria/molino-de-martillos/	\$ 18,560	
			Martillos de larga duración.			
			Uso de cribas de 2-6 mm			
Máquina tamizadora de harina	SYT	SYM-1500	Fabricado en acero inoxidable 304/316	https://sanyuantangcn.com/products/industrial-flour-sifter-machine	\$ 9,425	
			Tamaño de malla: 2-100			
			Capacidad: 1 ton/h			
Envasadora de harina	ENVASANA	QC-420	Envasadora automática con tornillo dosificador.	https://envasana.com/producto/avasador-a-automatica-de-harina-1kg-con-tornillo-dosificador/	\$ 27,550	
			Dimensiones: Largo (270cm), Ancho (100cm), Alto (270 cm)			
			Potencia: 220V 50-60 Hz 3.0 kW			
Trituradora de martillos	FURUI MACHINERY	CPJ-2	Dimensiones: 1000x600x1500 mm	https://furuimachinery.com/es/product/vegetable-crusher-machine/	\$ 19,575	
			El tamaño de las partículas trituradas se puede personalizar.			

Equipo	Marca	Modelo	Características	Referencia	Costo	Imagen
Tanque de melaza	BEHÄLTER KG	S11483	Fabricado en acero inoxidable AISI 316 Y AISI 304.	https://www.behaelter-kg.de/es/tanque-de-almacenamiento-calefactable-refrigerable-de-fabrica-de-340-litros-de-acero-inoxidable-316-s11483-5.html	\$ 3,480	
			Dimensiones: Diámetro interior (866 mm), Altura cilíndrica (500 mm), Altura total (1262 mm)			

Nota. La información sobre los equipos se obtuvo de páginas web oficiales y fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes. Elaboración propia

11.3. Anexos C: Costos

Tabla 41: Costos equipos del proceso

Equipos	Cantidad	Costo unitario \$	Subtotal \$
Báscula de plataforma P020	1	3,190	3,190
Tolva de recepción y alimentación TABANLI	1	6,525	6,525
Mesa de inspección con banda KRONEN	1	9,860	9,860
Lavadora GEWA 2600 ECO	1	26,825	26,825
Máquina escurridora por vibración ZTS	1	10,875	10,875
Mesas inox	6	696	4,176
Máquina rebanadora TZ-100	1	14,210	14,210
Tanque de salmuera DAS 1000	1	5,655	5,655
Freidora industrial SOGUKSAN	1	13,022	13,022
Sistema de filtración de aceite VITO VM	1	6,960	6,960
Desaceitador centrífugo BTY-800	1	12,470	12,470
Tambor sazonador GTTW-2400	1	7,540	7,540
Enfriador de banda CPM	1	15,950	15,950
Maquina empacadora para chips SF-2.0GT	1	32,625	32,625
Secador de gabinete CT-C-I	1	20,300	20,300
Molino de martillos HD	1	18,560	18,560
Máquina tamizadora de harina SYM-1500	1	9,425	9,425
Envasadora de harina QC-420	1	27,550	27,550
Tolva Dumpster	1	4,640	4,640
Banda de clasificación de residuos	1	6,670	6,670
Tina industrial INMEDINOX	1	3,915	3,915
Bandeja perforada	1	943	943
Trituradora de martillos CPJ-2	1	19,575	19,575
Tanque de melaza S11483	1	3,480	3,480
Silo-bag	88	192.82	16,968
Total	335,282		

Elaboración propia

Tabla 42: Costos equipos de manipulación

Equipos	Cantidad	Costo Unitario \$	Subtotal \$
Pallets de madera	12	70	840
Pallets de plástico CARTONPLAST	8	95	760
Patín hidráulico NBQ30	2	580	1,160
Carrito tipo tolva H-4186GR	3	420	1,260
Carretillas manuales SXWTC-HT535	4	180	720

Equipos	Cantidad	Costo Unitario \$	Subtotal \$
Estantería metálica ESMELUX 110901	6	260	1,560
Escalera con ruedas CCBR	3	190	570
Rack de almacenamiento MECALUX	6	480	2,880
Total	9,750		

Elaboración propia

Tabla 43: Costos equipos de transporte

Equipos	Cantidad	Costo Unitario \$	Subtotal \$
Camión HINO FC9JJS-A-NNL	1	68,000	68,000
Camión HINO XZU710L-WKMQJ3	1	49,000	49,000
Carretilla elevadora JAC CPD30J	1	21,000	21,000
Total	138,000		

Elaboración propia

El presupuesto de materia prima presenta una progresión anual basada en un factor de crecimiento del 3%, iniciando con USD 135,072.00 para procesar 750,400 kg de plátano verde a un costo base de USD 0.18/kg. Esta proyección asegura la sostenibilidad del suministro ante variaciones inflacionarias

Tabla 44: Costos de materia prima

No.	Año	Plátano total (kg/año)	Costo Plátano \$/kg	Costo Total \$/año
0	2026	574592	0.18	103 425
1	2027	591819		106 528
2	2028	609574		109 723
3	2029	627861		113 015
4	2030	646697		116 405
5	2031	666098		119 898

Elaboración propia

Tabla 45: Costos de insumos

Año	Aceite (kg/año)	Precio Unitario \$/kg	Costo aceite (\$/año)	Cloro (kg/año)	Precio Unitario \$/kg	Costo cloro (\$/año)	Sal (kg/año)	Precio Unitario \$/kg	Costo sal (\$/año)	Costo total anual (\$)
2026	27,481	1.64	45,069	138	1.23	170	5,867	0.22	1,291	52,227
2027	28,305		46,420	142		175	6,043		1,329	53,793
2028	29,154		47,813	146		180	6,224		1,369	55,406
2029	30,029		49,248	151		186	6,411		1,410	57,069
2030	30,930		50,725	155		191	6,603		1,453	58,781
2031	31,858		52,247	160		197	6,801		1,496	60,544

Elaboración propia

Tabla 46: Costos de empaque para el año 2026

Empaque	Cantidad	Precio	Total USD
Bolsas chips 240 g	267,298	0.14	37,422
Bolsas harina 500 g	37,559	0.28	10,517
Bolsas harina 1 kg	18,780	0.38	7,136
Sacos harina 1 quintal	204	2.1	428
Silo-bags	88	23.87	2,100
Total	57,603		

*Elaboración propia***Tabla 47:** Costos de empaque 2026-2031

Año	Costo Total \$
2026	57,603
2027	59331.13
2028	61111.07
2029	62944.40
2030	64832.73
2031	66777.71

*Elaboración propia***Tabla 48:** Costos de embalaje para el año 2026

Embalaje	Cantidad	Precio \$	Total \$
Cajas chips	10,813	1.8	19,463
Cajas harina 500 g	1,823	1.6	2,917
Cajas harina 1 kg	912	1.7	1,550
Total	23,931		

*Elaboración propia***Tabla 49:** Costos de embalaje 2026-2031

Año	Costo Total \$
2026	23,931
2027	24648.518
2028	25387.97
2029	26149.61
2030	26934.10
2031	27742.12

*Elaboración propia***Tabla 50:** Costos de equipos de laboratorio

Equipos	Cantidad	Costo Unitario \$	Subtotal \$
Balanza analítica	1	1,450	1,450
Horno de secado	1	3,200	3,200

Equipos	Cantidad	Costo Unitario \$	Subtotal \$
Mufla	1	2,800	2,800
pH-metro digital	2	420	840
Termómetro digital	2	65	130
Molino de laboratorio	1	1,600	1,600
Tamices granulométricos	1	780	780
Microscopio óptico	1	2,400	2,400
Incubadora microbiológica	1	3,200	3,200
Autoclave	1	4,500	4,500
Desecador	1	220	220
Total		21,120	

Elaboración propia

Tabla 51: Costos de instrumentación de laboratorio

Instrumentos	Cantidad	Costo Unitario \$	Subtotal \$
Beaker 50 mL	4	8	32
Beaker 100 mL	4	9	36
Beaker 250 mL	6	12	72
Beaker 500 mL	4	18	72
Matraces Erlenmeyer 250 mL	6	14	84
Matraces aforados 250 mL	4	22	88
Caja pipetas graduadas	1	85	85
Caja probetas graduadas	1	95	95
Buretas 50 mL	2	65	130
Embudos de vidrio	4	14	56
Varillas de agitación	6	4	24
Vidrios de reloj	6	6	36
Cápsulas de porcelana	4	12	48
Placas Petri de vidrio	20	8	160
Total		1018	

Elaboración propia

Tabla 52: Costos de equipos área administrativa

Equipo	Cantidad	Precio unitario USD	Costo total USD
Escritorios	6	520	3,120
Sillas ergonómicas	6	230	1,380
Computadoras	6	1,050	6,300
Archivadores metálicos verticales	4	380	1,520
Teléfonos IP de oficina	6	95	570
Mesa de reuniones	1	1,200	1,200
Sillas sala de reuniones	8	140	1,120
Impresora multifuncional láser	1	950	950

Equipo	Cantidad	Precio unitario USD	Costo total USD
Aire acondicionado 18,000 BTU	2	1,350	2,700
Proyector multimedia	1	780	780
Pantalla de proyección	1	220	220
Gabinete servidor/red	1	650	650
Router empresarial	1	180	180
Total			20,690

Elaboración propia

Tabla 53: Costos de servicios sanitarios

Material	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Inodoros	3	176	527
Lavamanos	3	122	365
Duchas	2	149	297
Urinaros	2	130	259
Dispensadores jabón	3	22.97	69
Dispensadores papel toalla	3	27.03	81
Dispensadores papel higiénico	3	25.68	77
Basureros tapa	4	32	130
Espejos	2	41	81
Extractores aire	2	162	324
Total		2,211	

Elaboración propia

Tabla 54: Costos del servicio de agua

Año	Consumo m³/año	Costo unitario \$/m³	Costo Total \$/año
2026	2372.5	1.25	2965.63
2027	2432.52		3040.65
2028	2494.33		3117.91
2029	2558		3197.50
230	2623.58		3279.48
2031	2691.14		3363.93

Elaboración propia

Tabla 55: Costos del combustible

Equipo	Consumo de combustible (L/año)	Costo Unitario \$	Costo Total \$/año
Camión HINO FC9JJS-A-NNL (8 ton)	4,723.68	1.3	6,140.78
Camión HINO XZU710L-WKMQJ3 (5.5 ton)	1,476.15	1.3	1,919.00
Total			8,059.78

Elaboración propia

Tabla 56: Costos de requerimientos indirectos

Material	Cantidad/año	Precio unitario \$	Costo anual \$
Detergente alcalino industrial (gal)	120	22.97	2,757
Desengrasante freidora (gal)	180	25.68	4,622
Lubricante grado alimentario (L)	95	11.35	1,078
Grasa industrial rodamientos (kg)	75	10.27	770
Filtros sistema aceite (unid)	48	20.27	973
Desinfectante grado alimentario (gal)	900	8.65	7,784
Hipoclorito sodio 12% (gal)	360	4.86	1,751
Jabón líquido manos (gal)	110	5.68	624
Papel higiénico industrial	1,500	0.95	1,419
Papel toalla industrial	1,200	1.22	1,459
Ambientador sanitario (gal)	60	6.76	405
Escobas industriales	30	7.57	227
Trapeadores industriales	20	9.46	189
Caja guantes látex	420	4.86	2,043
Caja mascarillas	360	3.24	1,168
Red cabello (1000 unid)	10	17.57	176
Botas punta acero	31	34	1,047
Cascos seguridad	31	16.22	503
Gafas seguridad	31	9.46	293
Uniformes limpieza	8	27	216
Uniformes operativos	62	30	1,843
Medios PCA	18	95	1,703
Medios PDA	18	95	1,703
Medios EMB	18	103	1,849
Agua destilada	60	1.62	97
Reactivos humedad	12	54	649
Reactivos acidez	15	41	608
Placas Petri	6	59	357
Batas laboratorio	6	24.32	146
Resmas papel	420	4.32	1,816
Caja lapiceros	12	4.86	58
Caja grapas	8	4.05	32
Caja sujeta papeles	12	4.86	58
Tóner impresora	12	76	908
Total	41,333		

Elaboración propia

Tabla 57: Costos de electricidad anuales (Tarifa \$0.18/kWh)

Equipos	Consumo kWh/ anual	Costo unitario \$/kWh	Costo Total \$
Equipos de Producción	220,069.14	0.18	39,612.45
Equipos de Laboratorio	6,946.56	0.18	\$1,250.38
Oficinas administración	9,392.80	0.18	\$1,690.70
Oficinas Producción	6,925.12	0.18	1,246.52
Total	243,333.62	0.18	43,800.05

Elaboración propia

El consumo energético total del proyecto se obtiene integrando el consumo de los equipos de proceso (220,069 kWh/año), laboratorio (6,946 kWh/año) y áreas administrativas (16,318 kWh/año), alcanzando un consumo total aproximado de 243,333 kWh anuales.

La estructura de costos energéticos revela que el 90.4% del consumo eléctrico total (\$39,612.45) es absorbido directamente por la maquinaria de producción. Este dato resalta la importancia de la eficiencia operativa en las líneas de chips y harina, las cuales representan el costo variable más sensible después de la materia prima, justificando la necesidad de mantener un factor de carga optimizado en los motores de las trituradoras y freidoras.

**MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1
REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA**

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6A-240AB-3		
NOMBRE	ESPINOZA GUIDO ALANIS PAOLA		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN DE ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA		
CARRERA	Ingeniería Química		
TURNO	Diurno	SEXO	F
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	D1FCE-QUI-R
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2016

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-QU	FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS

**LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>**

FECHA: 05/03/2026

**Creado Por: 6A240AB3
Actualizado Por:**

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6A-21DA9-1		
NOMBRE	BRICEÑO MARTÍNEZ AMANDA GORETTI		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN DE ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA		
CARRERA	Ingeniería Química		
TURNO	Diurno	SEXO	F
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	D1FCE-QUI-R
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2016

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-QU	FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS

**LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>**

FECHA: 05/03/2026

**Creado Por: 6A21DA91
Actualizado Por:**

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6A-20F8D-9		
NOMBRE	PÉREZ GÓMEZ MARIA LILY		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN DE ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA		
CARRERA	Ingeniería Química		
TURNO	Diurno	SEXO	F
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	D1FCE-QUI-R
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2015

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-QU	FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS

**LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>**

FECHA: 05/03/2026

**Creado Por: 6A20F8D9
Actualizado Por:**