

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de una planta de harina de banano para la elaboración de
productos con alto valor nutricional

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Alimentos

Presentado por:

María Auxiliadora Baldeón Yancha

Alex David Mosquera Morales

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi padres y abuelitos, quienes en ningún momento dejaron de apoyarme y darme las herramientas necesarias. Gracias a ellos, pude superar cualquier inconveniente que se presentara. Sin ustedes y la bendición de Dios, no lo hubiera logrado.

Alex Mosquera

A Dios, a mi familia y amigos.

María Baldeón

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a los docentes de la carrera, que con esfuerzo impartieron sus conocimientos y experiencias. A mis compañeros de carrera y amigos cercanos, quienes siempre supieron sacar lo mejor de mí cuando todo parecía complicado.

Alex Mosquera

Le agradezco a mis padres por el apoyo en mis estudios, a los docentes por su formación y a mis compañeros y amigos de carrera, que me acompañaron y apoyaron a lo largo de todos estos años.

María Baldeón

DECLARACIÓN EXPRESA

*Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Alex Mosquera y María Baldeón* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual*



Alex Mosquera



María Baldeón

EVALUADORES

.....
MSc. Andrea Ortega

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
PhD. Cesar Moreira

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Se desarrolló el diseño de una planta de secado para la producción de harina de banano, que contribuya a la reducción del índice de desnutrición en el Ecuador y se adapte a los requisitos nutricionales de los consumidores, mediante el uso de banano verde rechazado para exportación.

Para su diseño, se consideró el seguimiento de la metodología descrita en la bibliografía Diseño de Industrias Agroalimentarias, tomando en consideración el diseño de equipos que cumplan los requisitos de la planta.

Con los resultados obtenidos de requerimientos de espacios, distribución de la planta, diseño del proceso y diseño de equipos se determinó el costo de implementación y funcionamiento de la planta.

Se concluye que el diseño de la planta de secado para obtención de harina de banano es rentable, con una inversión inicial de \$280,000.00 a una tasa de interés de 5%, y una recuperación del capital al segundo año de funcionamiento.

Palabras Clave: Diseño, Liofilización, Harina de banano verde, Nutrición.

ABSTRACT

The design of a drying plant to produce green banana's flour was developed, which contributes to reduce malnutrition index in Ecuador and adapts to consumer's nutritional requirements.

For its design, methodology described in "Agri-Food industries design" bibliography was followed, considering the design of equipment based of plant requirements.

With the results obtained in space requirements, plant distributions, process design and equipment design, it was determined the implementation cost and plant operation cost.

It concludes that the design of a drying plant to produce green banana's flour is profitable, with a \$280,000.00 investment in a 5% interest rate, and a capital recovery in the second year of operation.

Keywords: Design, Freeze-drying, Green banana's flour, Nutrition.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
ÍNDICE GENERAL.....	3
ABREVIATURAS	6
SIMBOLOGÍA	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
CAPÍTULO 1.....	10
1. Introducción	10
1.1 Descripción del problema.....	10
1.2 Justificación del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Generalidades del banano.....	5
1.4.2 Harinas a base de frutas	6
1.4.3 Métodos de secado de harinas de origen de fruta	7
CAPÍTULO 2.....	9
2. Metodología	9
2.1 Revisión Bibliográfica.....	9
2.2 Obtención de la harina de banano	9
2.2.1 Materia Prima	9
2.2.2 Producción de la harina de banano	11

2.3	Análisis fisicoquímicos de la harina de banano	11
2.4	Diseño de plantas (SLP)	12
2.4.1	Ubicación de planta	12
2.4.2	Diagramas de flujo.....	12
2.4.3	Diagrama de recorrido sencillo	12
2.4.4	Relación de actividades.....	13
2.4.5	Estimación de espacios	14
2.4.6	LayOut de la planta	14
2.5	Análisis económico	15
CAPÍTULO 3.....		16
3.	Resultados y análisis	16
3.1	Revisión Bibliográfica.....	16
3.1.1	Existencia de necesidades	16
3.1.2	Tendencias de consumo y demanda	16
3.2	Análisis fisicoquímico y composición nutricional de la harina de banano	17
3.3	Diseño de Plantas.....	20
3.3.1	Ubicación de la Planta.....	20
3.3.2	Descripción del Proceso	22
3.3.3	Diagrama de Recorrido Sencillo	25
3.3.4	Estimación de espacios	25
3.3.5	Tabla de relación de actividades	26
3.3.6	LayOut de la planta	28
3.4	Selección de equipos para la producción de harina de banano verde.....	31
3.4.1	Selección de la cámara de refrigeración	31
3.4.2	Selección de las mesas de clasificación	31

3.4.3	Selección de las tinas de lavado por inmersión y de enjuague	31
3.4.4	Selección de la banda transportadora	31
3.4.5	Selección de la peladora	32
3.4.6	Selección de la rebanadora	32
3.4.7	Selección del liofilizador	32
3.4.8	Selección del molino pulverizador	32
3.4.9	Selección de la malla del tamiz	32
3.4.10	Selección del detector de metales	32
3.4.11	Selección de la envasadora.....	33
3.5	Estimación de costos para la implementación de la planta de secado para obtención de harina de banano verde	33
3.5.1	Costo de la materia prima.....	34
3.5.2	Cálculo del gasto energético mensual	35
3.5.3	Cálculo dotación de agua potable.....	37
3.5.4	Costos de producción de la harina de banano.....	38
3.5.5	Precio de venta de la harina de banano	38
3.5.6	Costos totales.....	39
3.5.7	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR)	39
CAPITULO 4.....		41
4.	Conclusiones y Recomendaciones	41
4.1	Conclusiones	41
4.2	Recomendaciones	42
BIBLIOGRAFÍA.....		43
APÉNDICES		50

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FAO	Food and Agriculture Organization
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund
ONG	Organización No Gubernamental
RS	Resistant Starch
PC	Punto Crítico
PCC	Punto Crítico de Control
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
PEP	Índice de pérdida económica de la semana de proceso)

SIMBOLOGÍA

g	Gramo
kg	Kilogramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mm	Milímetro
cm	Centímetro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cubico
km	Kilometro
kW	Kilovatio
W	Watts
kW/h	Kilovatio por hora
ha	Hectárea
L	Litros
kg/h	Kilogramo por hora
kg/m ³	Densidad
Aw	Actividad de agua

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Elementos de un liofilizador	8
Figura 1.2 Elementos de un liofilizador	8
Figura 2.1 Etapas para el desarrollo de la metodología	9
Figura 3.1 Diagrama de flujo básico del proceso de secado de harina de banano	24
Figura 3.2 Diagrama de Proceso	25
Figura 3.3 Distribución de planta.....	29
Figura 3.4 LayOut básico de la planta de secado de harina de banano	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Simbología de diagrama de recorrido sencillo	13
Tabla 2.2 Escala de valoración para la tabla de relación de actividades	13
Tabla 2.3 Motivo de elección para códigos de la tabla de relación de actividades	14
Tabla 3.1 Parámetros fisicoquímicos de la harina de banano obtenida por liofilización	18
Tabla 3.2 Composición química de la harina de banano	19
Tabla 3.3 Opciones de terrenos industriales en la zona del Guayas	21
Tabla 3.4 Resultados obtenidos del análisis de factores ponderados	21
Tabla 3.5 Etapas del proceso para la obtención de la harina de banano	23
Tabla 3.6 Descripción de requerimiento de espacios por departamentos	26
Tabla 3.7 Tabla de Relación de Actividades	27
Tabla 3.8 Ordenamiento de los departamentos por importancia.	28
Tabla 3.9 Costos de equipos de la planta de producción de harina de banano	34
Tabla 3.10 Costo de materia prima	35
Tabla 3.11 Consumo energético de la línea de secado por mes	36
Tabla 3.12 Consumo energético del liofilizador por mes	37
Tabla 3.13 Costos variables de producción	38
Tabla 3.14 Costos fijos de producción	38
Tabla 3.15 Costo unitario de producción por funda de 250g	39
Tabla 3.16 Ventas al año	39
Tabla 3.17 Costos totales de implementación y producción anual	39

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

El Ecuador, es el principal exportador de banano a nivel mundial y el cultivo de este representa el sector económico más importante del país (ESPAC, 2019). Es una fruta que contiene importantes nutrientes en los que se incluyen vitaminas y minerales, y debido a eso, su consumo y aprovechamiento es beneficioso para la salud (Singh, Pal Singh, Kaur, & Singh, 2016). Sin embargo, su consumo debe ser inmediato ya que, el fruto atraviesa por procesos de maduración hasta llegar al deterioro y consecuente desaprovechamiento de los nutrientes (Takougnadi, Boroze, & Azouma, 2020). La pérdida de alimentos, definida por la FAO como la disminución en masa o valor nutricional de alimentos que se encuentran predestinados al consumo humano, se da a lo largo de la cadena de suministro, asimismo, el desperdicio de alimentos se refiere al desecho de aquellos que se han conservado una vez pasado su tiempo de caducidad o que hayan sufrido daños en su manipulación y en este sentido, la agricultura es una de las principales fuentes de desperdicio de alimentos (FAO , 2013).

La desnutrición crónica, definida por la UNICEF como el retardo en el crecimiento con respecto a la estatura para la edad de una persona, es uno de los principales problemas de salud pública del Ecuador, siendo uno de los países de América Latina y el Caribe que presentan los índices más altos en infantes, siendo los factores sociales, culturales y económicos sus principales causas (UNICEF & CEPAL, 2006).

Las consecuencias son ampliamente negativas y afecta principalmente la salud de los niños, ocasionando pérdidas de peso, enfermedades como la anemia a causa de un deficiente metabolismo llegando incluso hasta provocar la muerte, también afecta su productividad ocasionando un bajo rendimiento escolar, entre otros (UNICEF & CEPAL, 2006)

El Ecuador ha implementado, hasta la actualidad, alrededor de 16 programas estatales para la lucha contra la desnutrición infantil (UNICEF, 2021). Sin embargo, no son la única entidad que se preocupa por este problema. Las ONG, definidas como organizaciones de voluntarios sin ánimos de lucro de origen nacional o internacional, se encuentran a lo largo del territorio nacional y tienen enfoques en los que ofrecen ayudas humanitarias, servicios y cooperación conjunta para el desarrollo de comunidades. A lo largo de los años, estas organizaciones han liderado campañas de concientización y de apoyo a la sociedad en diversos temas vinculados a la responsabilidad social empresarial que beneficia la lucha contra problemas como la desnutrición crónica infantil (Pinzón, 2005)

En respuesta a los cambios y tendencias a nivel global, el consumidor actualmente analiza los aspectos ambientales, nutricionales y sociales de los alimentos que consume. Es por ello que, existe un aumento en la demanda de consumo de productos naturales, mínimamente procesados, libres de fertilizantes y que ofrezcan beneficios para la salud (Flaguera, Aliguer, & Falguera, 2012).

En este contexto, los alimentos funcionales, son aquellos que tienen un valor nutritivo, contienen componentes que son biológicamente activos y aportan con efectos beneficiosos para salud de los consumidores reduciendo el riesgo de padecimiento de enfermedades (Beltrán, 2016). Sin embargo, el mercado al que se encuentra dirigido este tipo de productos, debido a los beneficios que tiene el alimento, es limitado a un sector privilegiado de la población con ingresos medio – alto. Además, los atributos de mayor importancia, según los consumidores, para la elección del alimento funcional son el sabor, la relación precio/calidad y la funcionalidad (Flaguera, Aliguer, & Falguera, 2012). Por otro lado, con enfoque en el cuidado del medio ambiente, los productos orgánicos se presentan como una alternativa por la eliminación del uso de químicos en cultivo de los alimentos. Sin embargo, una de sus limitantes es con respecto a los bajos rendimientos del cultivo orgánico en contraste con el tradicional, afectando los precios y por ende la adquisición en el mercado.

1.2 Justificación del problema

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), entre los cultivos con mayor producción en el Ecuador está el banano con el 14.4%; siendo la provincia del Guayas la que representa el 21.4% de la superficie plantada a nivel nacional (ESPAC, 2019) . Sin embargo, se estima que en cultivos de frutos y vegetales se pierden aproximadamente entre un 30% al 40% de su producción (Takougnadi, Boroze, & Azouma, 2020). La agricultura a nivel mundial es la responsable de al menos un 33% del volumen de desperdicios, lo que equivale aproximadamente a 200 toneladas de frutas y el 54% de esta merma a causa de las actividades de distribución y consumo de alimentos (FAO , 2013).

En Ecuador, la desnutrición crónica presenta un porcentaje del 23% para infantes menores de cinco años en el 2018, siendo la zona rural la que presenta un mayor índice de casos (INEC, 2018). Con respecto a la mortalidad, la desnutrición infantil es la principal causa de la muerte de infantes, representando hasta un 60% de casos que derivan en enfermedades como la diarrea, malaria, neumonía, sarampión, entre otras (UNICEF & CEPAL, 2006).

Los alimentos funcionales se presentan como una solución al problema de la desnutrición, al aportar con un alto valor nutricional y la prevención de enfermedades. Además, existe una alta tendencia al consumo de alimentos funcionales y orgánicos, mostrando que las ventas de alimentos orgánicos representan alrededor de \$39.7 mil millones y tiene un porcentaje en su tasa de crecimiento del 11%, es decir 3 veces mayor que los productos no orgánicos en EE. UU. (Ma, Seenivasan, & Yan, 2019). Sin embargo, cabe indicar que este tipo de alimentos, tienen gran aceptación en países como EEU, Europa y Japón; siendo estos los que comprenden el 90% de la demanda actual de alimentos funcionales (Pınar & Uçar, 2018). En Ecuador, los hábitos de consumo de alimentos son principalmente una dieta basada en carbohidratos con una alta incidencia al desperdicio de frutas, vegetales y cereales mínimamente procesados (Franco, 2016).

Para el procesamiento de los alimentos, la liofilización (secado a temperatura bajo 0 °C) como método de secado es una alternativa que presenta ventajas en la conservación de la estructura de un alimento, sus propiedades fisicoquímicas y sus componentes nutricionales en contraste con el método de secado tradicional que utiliza rangos de temperatura más altos. Un alimento liofilizado tiene mayor tiempo de vida útil por los efectos del secado en la actividad de agua, característica importante de calidad por su relación con el crecimiento de microorganismos. Esta tecnología es aplicada a productos como frutas y hortalizas para conservar atributos sensoriales como el color, sabor, además de rehidratar el producto de manera más eficiente (Caballero, Márquez, & Betancur).

Además, se evidencian mejoras en las propiedades fisicoquímicas de los alimentos procesados mediante la liofilización como método de secado, por ejemplo, la humedad de los productos liofilizados puede reducirse aproximadamente un 50% con respecto a los métodos tradicionales, asimismo, mejora en un 53% la propiedad de rehidratación y conserva las propiedades nutricionales en un 97% mejorando en 5% más que en un método tradicional (Moyano, Palacios, & Cornejo, 2022) . Asimismo, el uso de harinas a partir de alimentos liofilizados en mezclas para la elaboración de otros productos, mejora las características en sus productos finales, por ejemplo, el pan, con respecto a harinas obtenidas de forma tradicional tiene mejoras en la formación de miga, color y mayor volumen (Moyano, Palacios, & Cornejo, 2022).

Por lo que, el siguiente trabajo se enfoca Proponer el diseño de una planta para la producción de harina de banano, que contribuya a la reducción en el desperdicio de alimentos y se acople a las tendencias de consumo de alimentos tanto orgánicos como funcionales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer el diseño de una planta para la producción de harina de banano aplicando la metodología de Muther.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Establecer condiciones de procesamiento en base a pruebas de laboratorio y revisión literaria de estudios relacionados a la producción de harina de banano.
2. Diseñar la línea de producción de harina de banano considerando tamaños y capacidades de equipos necesarios en su procesamiento.
3. Evaluar la viabilidad de la implementación de la línea de producción de harina de banano a través de un análisis financiero.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Generalidades del banano

El banano (*Musa* spp. L.) es una de las frutas más consumidas alrededor del mundo. Mayormente cosechada en sectores de Asia, África y Suramérica. De manera global, se estima que la producción anual de bananas redondea en los 119.9 millones de toneladas para el 2020. En términos botánicos, el banano es una baya partenocárpica con un periodo de maduración que va entre los 80 y 120 días, cambiando de color verde a amarillo por el mismo efecto. Existen más de 50 especies clasificadas dependiendo su genoma y, los plátanos que se comen frescos o denominados “de postre” pertenecen al género *Musa sapientium* L. y, aquellos que necesitan cocción *Musa paradisiaca* L. Sin embargo, se reporta que algunas variedades son nombradas en lugar del nombre de la especie, con la inclusión de la letra del genoma A o B al que pertenecen, por ejemplo, las variedades Gros Michel y Giant Cavendish son triploides denominados *Musa* AAA que se encuentran entre los cultivos de banano más importantes para el consumo fresco y principal variedad usada para el comercio internacional respectivamente (Pareek, 2016).

Entre sus componentes principales se encuentran los carbohidratos, con un porcentaje de almidón mayoritariamente presente en la fase pre-climatérica de maduración de este fruto, y bajando su contenido a medida que ocurre la maduración en hasta un 25%, convirtiéndose principalmente en sacarosa, glucosa y fructosa. Por otro lado, el banano es, al igual que otras frutas, un fruto con pH por debajo de 4.5 y los ácidos que se encuentran son el ascórbico, cítrico, málico y oxálico, aumentando durante la maduración. Asimismo, es una de las principales fuentes de potasio (K), mineral que ayuda a regular la presión arterial que deriva en el buen funcionamiento del corazón, con aproximadamente 450 a 467 mg de potasio en una banana promedio (Pareek, 2016).

1.4.2 Harinas a base de frutas

Las harinas a base de frutas tienen como característica principal que son alimentos altos en fibra y libres de la proteína gluten presente principalmente en el trigo, fuente común de la harina para la elaboración de los productos de panificación y pastelería. Las frutas como el banano, manzana y uva son fuentes de fibra y presentan una mejor relación entre las fibras solubles e insolubles que los cereales, sin embargo, las frutas presentan altos valores de humedad y son alimentos altamente perecederos (Resende & Franca, 2019). La industria de alimentos presenta alternativas de consumo para el banano procesándolo en formas de puré, harina, chips, entre otros, con el objetivo de que, puedan ser almacenados por largos periodos de tiempo y utilizados para fines como ingrediente de otros productos procesados, por ejemplo, postres, bebidas, etc. (Singh, Pal Singh, Kaur, & Singh, 2016).

Este tipo de harinas tiene un mayor contenido de almidón resistente (RS), que es una fracción del almidón que no es digerible en el intestino y sirve como sustrato de fermentación para los microorganismos de la flora brindando propiedades prebióticas y efectos positivos en el intestino. La diferencia entre este y otro tipo de fibra, radica en sus propiedades fisicoquímicas, una coloración blanca, sabor neutro y menor capacidad de retención de agua que lo convierte en una opción para la formulación de productos horneados (Bojarczuk, Skąpska, Mousavi, & Marszałek, 2022). Sin embargo, a pesar de los estudios realizados evaluando la aplicación de estas harinas como ingredientes de

productos alimenticios, por motivos de marketing y mercado, estos productos se usan con denominaciones como “polvo de fruta” o “fibra de fruta” (Resende & Franca, 2019)

1.4.3 Métodos de secado de harinas de origen de fruta

Para ser denominada harina, esta debe ser elaborada con las partes comestibles de las frutas reduciendo el contenido de agua libre y haberse sometido a procesos de molienda para ser transformada en polvo. Los métodos de deshidratación aplicados para la elaboración de harinas a partir de frutas incluyen secado por aire caliente, liofilización, secado por aspersion, secado al vacío por microondas y secado al sol (Resende & Franca, 2019).

El secado con aire caliente es el proceso más antiguo y utilizado en la industria, consiste en exponer al alimento a un flujo de aire caliente que provocará la disminución del contenido de humedad por evaporación, sin embargo, la calidad de los productos deshidratados por este método disminuye notablemente (Ratti, 2001).

La liofilización es una tecnología que se aplica como alternativa para el secado por aire caliente. A comparación del método tradicional, este es un proceso caro por lo que, considerar correctamente los parámetros de proceso puede reducir los costos. Los parámetros de proceso para alimentos liofilizados varían dependiendo de la naturaleza de este, por ejemplo, para el caso del banano, es importante considerar: el tiempo de congelación, tiempo de secado, temperatura, grosor de las rodajas y la presión de vacío aplicada para obtener un banano liofilizado de alta calidad y mejor perfil sensorial (Wang, Sun, Chen, & Sajjad, 2022)

El fundamento de la liofilización es la eliminación de agua por medio de la sublimación del hielo. El proceso se da en dos etapas, el primero es un secado por sublimación del hielo donde la mayor parte del agua del alimento se elimina en esta etapa y una segunda etapa de desorción en la que se elimina el agua descongelada de la matriz que representa entre el 5-10% del producto final, obteniendo un producto con una humedad final menor al 2%. La etapa de congelación de la matriz del alimento es importante por

su relación con la permeabilidad del alimento y con esto al tiempo de proceso, aumentando a medida que la permeabilidad disminuye. Es recomendable que, para optimizar los tiempos, la velocidad de congelación sea alta para evitar la formación de grandes cristales que aumenten la permeabilidad del alimento (Berk, 2013).

El liofilizador, tal y como se muestra en la Figura 1.1 consta de los elementos básicos como: una cámara de secado donde se produce la formación de vacío, los elementos de soporte como bandejas, carros, etc., la fuente de calor, un condensador de hielo refrigerado, el sistema de refrigeración, una bomba de vacío y los instrumentos de control para las mediciones como temperatura y presión (Berk, 2013).

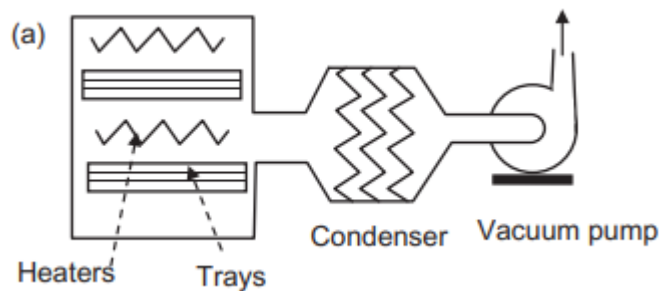


Figura 1.1 Elementos de un liofilizador [(Berk, 2013)]

En un diseño industrial, los liofilizadores puede ser continuos o por lote y, generalmente, los sistemas continuos están compuestos por un túnel cilíndrico que contiene esclusas para movilizar el alimento sin romper el vacío, tal y como se muestra en la Figura 1.2 (Berk, 2013).

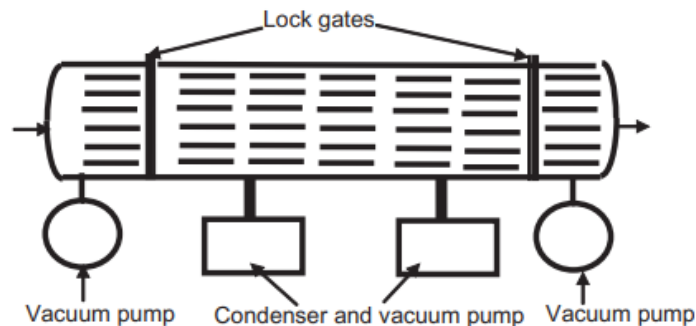


Figura 1.2 Elementos de un liofilizador [(Berk, 2013)]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología implementada para la elaboración de este proyecto integrador que consiste en el diseño de una planta de secado de harina de banano se realizó en base a las etapas descritas en la Figura 2.1.

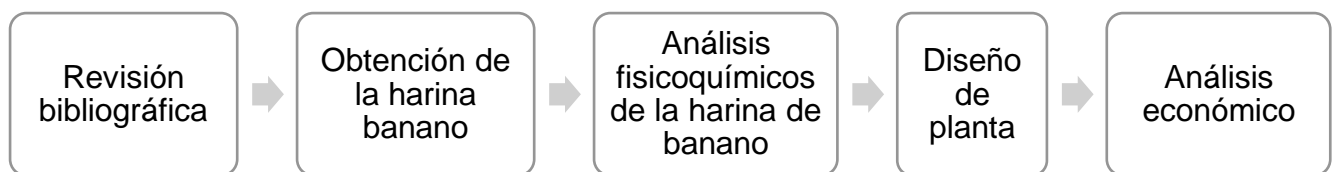


Figura 2.1 Etapas para el desarrollo de la metodología [(Elaboración propia)]

2.1 Revisión Bibliográfica

En esta etapa se definieron los conceptos a revisar en base al tipo de producto que se desea obtener y sobre los métodos de secado aplicados para la obtención de este tipo de harinas (Resende & Franca, 2019). Finalmente, se realizó una revisión sobre el fundamento, etapas del proceso y tipos de liofilizadores en la industria con el objetivo de poder definir los parámetros de proceso (Berk, 2013).

2.2 Obtención de la harina de banano

2.2.1 Materia Prima

Se utilizó banano de exportación en etapa de maduración 1 y 2, proporcionada por la Hacienda Uurú encontrada en San Miguel del Morro, Ecuador.

2.2.2 Producción de la harina de banano

La materia prima receptada fue clasificada tomando como referencia el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la normativa NTE INEN 2801 para el banano. Los bananos seleccionados fueron lavados y desinfectados siguiendo el procedimiento descrito por Cohecha (2019). Posteriormente, se realizó un pelado completo para proceder al cortado en rebanadas (≈ 3 mm). Se almacenó el material rebanado en fundas “ziplock” dejándolo en congelación (-15°C) por 12 horas. Pasado el tiempo descrito anteriormente, se transportó la muestra congelada al laboratorio de Bromatología ubicado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Allí se realizó el proceso de liofilización dividido en 2 batchs en un liofilizador piloto de laboratorio (Labconco, Free Zone 6 L, Missouri, USA). Los parámetros de secado se establecieron en -80°C y 0.003 mbar por 5 días. El banano seco fue llevado al laboratorio de I&D para molerlo con un molino de martillos (Laboratory Mill 3100, Peter Instruments, Hågersten, Sweden).

2.3 Análisis fisicoquímicos de la harina de banano

Para los análisis químicos, se aplicó un método termogravimétrico con en el equipo HB43-S Halogen (METTLER TOLEDO, Columbus, USA) para determinar el contenido humedad por triplicado, usando 5g de muestra a 110°C . La actividad de agua fue determinada a través de la medición del punto de rocío con el equipo Aqualab 4ta Generación (METER) por triplicado. El pH fue obtenido con la medición de la concentración de ion hidrógeno bajo el método descrito en la norma INEN 526:2013 para harinas de origen vegetal, con el equipo SevenEasy pH Meter (METTLER TOLEDO, Columbus, USA) por triplicado. La composición química de la harina de banano (proteínas, carbohidratos, lípidos y fibra) fue reportada mediante referencias bibliográficas (Ahmed, 2020).

2.4 Diseño de plantas (SLP)

Para el diseño de planta de este proyecto, se aplicó la metodología de la bibliografía Diseño de Industrias Agroalimentarias (Casp, 2005).

2.4.1 Ubicación de planta

Para la elección sobre el terreno se realizará una búsqueda de territorios comerciales en zonas industriales de Guayaquil y la elección se hará en base a factores ponderados con el objetivo de escoger se tienen los siguientes factores:

1. Ubicación
2. Precio
3. Servicios Básicos
4. Tamaño del Terreno
5. Infraestructura

Ordenando las alternativas de ubicación del 1 al 3 siendo 1 el de mayor ponderación los resultados se muestran en la Tabla 3.4.

2.4.2 Diagramas de flujo






El uso de los diagramas de flujo en la industria se realiza con el objetivo de representar gráficamente y de manera secuencial el proceso objetivo, optimizando el proceso de diseño al mostrar la relación y la secuencia de los procesos y equipos, asimismo, proporciona la base para la estimación de los espacios y costos del proceso (Casp, 2005). Se realizó el diagrama de flujo preliminar para el procesamiento de harina de banano considerando las entradas y salidas de materiales en la línea, los PC, PCC y parámetros de proceso. A partir de este diagrama se realizó el diagrama de equipos.

2.4.3 Diagrama de recorrido sencillo

Para determinar la secuencia que rigen los movimientos de materiales en la planta se realiza el análisis a partir del uso de diagramas de recorrido sencillo por el criterio de un

solo producto en grandes cantidades. Se realiza el uso de simbología estándar que se detalla en la Tabla 2.1 (Casp, 2005).

Tabla 2.1 Simbología de diagrama de recorrido sencillo [(Casp, 2005)]

SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
	Operación
	Transporte
	Inspección
	Espera
	Almacenamiento

2.4.4 Relación de actividades

A partir de los diagramas de flujo y de relación de actividades se establece una tabla de relación de actividades incluyendo los medios auxiliares de producción y estableciendo la importancia para las proximidades de los espacios y de las diferentes actividades propuestas. Se establecieron los criterios y justificaciones a partir de un análisis de las etapas y sus requerimientos en el proceso. La escala de valoración aplicada se detalla en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Escala de valoración para la tabla de relación de actividades [(Casp, 2005)]

Código	Indica relación	Color asociado	Ponderación
A	Absolutamente necesaria	Rojo	32
E	Especialmente importante	Amarillo	16
I	Importante	Verde	8
O	Ordinaria	Azul	4
U	Sin importancia	Negro	2
X	Rechazable	Café	-32

El motivo de la elección para cada código se detalla en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3 Motivo de elección para códigos de la tabla de relación de actividades [(Casp, 2005)]

MOTIVO	
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Polvos
5	Malos olores, ruidos, etc
6	Seguridad del producto
7	Utilización material común
8	Accesibilidad

2.4.5 Estimación de espacios

Para la estimación de espacio se consideró un volumen de producción teórico. Para el cálculo de esta, se utilizaron las fórmulas 2.1 de superficie estática considerando los equipos e instalaciones y, a partir de las fórmulas 2.2 a superficie de gravitación considerando la mano de obra y materias primas, finalmente se calculó con la fórmula 2.3 la superficie de evolución para relacionar ambos espacios y permitir un correcto flujo de personal.

$$S_s = l_{equipo} \times a_{equipo} \quad (2.1)$$

$$S_g = S_s \times N \quad (2.2)$$

$$S_e = (S_s + S_g) \times K \quad (2.3)$$

2.4.6 LayOut de la planta

Para presentar un esquema de la disposición y distribución de los departamentos, en este caso, de una planta procesadora de alimentos, se utilizó el diagrama de flujo, relación de actividades, la estimación de espacios y el software CORELAP versión 1.0 mediante iteraciones matemáticas y el valor de TCR que relaciona la cercanía entre los departamentos analizados.

2.5 Análisis económico

El análisis económico se realizó mediante un cálculo de la inversión inicial del proyecto a partir de los costos de la maquinaria y tecnologías a aplicar con una estimación de precios teóricos del mercado actual. Se realizó una proyección de flujo neto de 5 años considerando ingresos anuales y costos variables asumidos. Se realizó el cálculo de los costos de la maquinaria a partir de cotizaciones de equipos actuales en el mercado, su consumo energético e insumos necesarios para su funcionamiento. Para el costo, se determinó la viabilidad del proyecto considerando el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Revisión Bibliográfica

3.1.1 Existencia de necesidades

Durante el proceso de postcosecha del banano orgánico, en el Ecuador, se generan grandes volúmenes de desperdicio debido a que este, no cumple con las características mínimas consideradas en la normativa NTE INEN 2801 (INEN, 2013). En Ecuador, se cosecha principalmente banano para exportación y, aquel que no puede ser exportado, es denominado para “consumo nacional” o “desperdicio” que representa actualmente el 31% del total de banano post cosecha (ESPAC, 2019). Asimismo, un estudio realizado por (Concha & Pablo, 2010), muestra que, en base a reportes semanales obtenidos de observaciones en haciendas productoras de banano en Ecuador, se genera un desperdicio promedio de 6419.87 kg, correspondiente a un 8.98% de la producción y que responden a pérdidas económicas de \$1820.65 semanales, valor que es considerado alto en base al índice PEP. Por otro lado, un estudio realizado por (Ramírez & Solórzano, 2012) muestra que, los destinos principales del banano rechazado, según los productores, son: 1) donaciones a poblaciones cercanas y personal de la hacienda, 2) alimento para ganado, 3) venta poco frecuente y 4) desperdicio total, que se refiere a la pudrición del banano por exceso de maduración y almacenamiento inadecuado.

3.1.2 Tendencias de consumo y demanda

Diversos estudios y análisis del comportamiento del mercado de la harina de banano muestran que, los factores que potencian el consumo de este tipo de harina son: 1) la creciente producción de banano orgánico y 2) el aumento en la demanda de productos sin gluten (Roshan, 2023).

El aumento de consumidores conscientes de la salud se ve reflejado en el aumento del consumo de alimentos funcionales y orgánicos. El crecimiento anual del consumo de alimentos funcionales aumenta de un 8% a un 14% y el comercio global está valorado entre 7 a 167 billones de USD (Lau, Chan, Tan, & Kwek, 2013). Desde la perspectiva de Latinoamérica, existe una necesidad y oportunidad de producir alimentos que puedan reducir las deficiencias nutricionales y el riesgo por contraer enfermedades por desórdenes nutricionales, sin embargo, los latinoamericanos de manera general no conocen que son los alimentos funcionales, a excepción de los que se encuentran en zonas más urbanizadas donde reconocen la importancia de consumir alimentos por salud y bienestar. (Lajolo, 2002).

Durante el año 2020, el mercado mundial de la harina de banano estaba valorado en \$751.7 millones con una proyección de crecimiento del 6.8% hasta el 2028. Además, la zona con mayor participación en el mercado de la harina de banano es Asia con un 35.9%, debido a un incremento en los consumidores conscientes de la salud y cambios en los hábitos alimenticios de toda la región (Grand View Research, 2020). Los principales segmentos para el uso de la harina de banano son para: 1) Formulación de productos de panadería, 2) Alimentos infantiles, 3) Sopas y salsas y 4) Otros (EMR, 2022).

3.2 Análisis fisicoquímico y composición nutricional de la harina de banano

La harina de banano obtenida a escala piloto con el uso de los equipos en los laboratorios de Bromatología y Desarrollo e Innovación de Productos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción fue analizada en los parámetros fisicoquímicos de humedad, actividad de agua y pH obteniendo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Parámetros fisicoquímicos de la harina de banano obtenida por liofilización
[(Elaboración propia)]**

Parámetro	Presente trabajo Valor	Otros trabajos Valor	Fuente
Humedad	2.41 % MC	5.20 %	(Moyano V. , Palacios, Rosell, & Cornejo, 2022)
Actividad de agua	0.017	0.140	(Moyano V. , Palacios, Rosell, & Cornejo, 2022)
pH	5.75	5.30	(Borges, Pereira, & Lucena, 2007)

Valores promedios obtenido de n=3, MC: contenido de humedad.

El método de secado propuesto en este proyecto permite obtener la calidad de los parámetros físicos y composición química de la harina de banano. Debido a que, la liofilización como método de secado produce una estructura más porosa en la harina por su método de liberación de agua a través del fenómeno de sublimación. Los valores obtenidos de humedad se asemejan a trabajos previos cuyos valores se reportan en 2.70% (Jasim, Linu, & Rawan, 2020) y 5.20% (Moyano V. , Palacios, Rosell, & Cornejo, 2022). Una baja humedad en los productos como la harina es deseable debido a que, la textura de los alimentos formulados con esta depende de la interacción del agua con sus demás componentes, en especial con las proteínas, pudiendo afectar de forma crítica la aceptación final de los productos por su capacidad de retención de agua. Se reporta que, la capacidad de retención de agua de la harina de banano obtenida por este método es de $4.96 \frac{g \text{ de } H_2O}{g \text{ de harina de banano}}$, un valor que supone una ventaja al retardar el fenómeno de gelatinización que ocurre cuando la harina es procesada durante la cocción, por ejemplo, de productos de panadería (Moyano V. , Palacios, Rosell, & Cornejo, 2022).

Por otro lado, el valor del pH en la harina también tiene influencia en las propiedades de hidratación por su relación con el agua, las sales y los aminoácidos de las proteínas, a menor pH mayor hidratación debido a que los aminoácidos se fijan a los iones disminuyendo la atracción entre proteínas y aumentando su interacción con el agua, el

efecto contrario se produce a mayores valores de pH debido a que, propicia una competencia entre las sales y las proteínas para captar agua disminuyendo la interacción entre la proteína y el agua (Ponce, Málaga, Huamani, & Chuqui, 2016) . Los valores de pH de las harinas industriales usadas para el consumo humano se encuentran generalmente entre 5.30 a 7.51 con un promedio de 6.31, por lo que, la harina obtenida en este proyecto se encuentra dentro de parámetros (Bressani, Turcios, Reyes, & Mérida, 2001).

De manera general, la actividad de agua (a_w) es un parámetro que se usa para predecir la vida útil de un alimento por su relación con la disponibilidad para el desarrollo de reacciones químicas en la matriz del alimento, en ese caso, se infiere que, a menor actividad de agua, menor riesgo de desarrollo de reacciones no deseadas. Sin embargo, a pesar de que, los productos liofilizados obtienen bajos valores de a_w lo que supone una alta duración en su tiempo de vida útil, este tiene un efecto adverso que aumenta la higroscopicidad del alimento pudiendo ocasionar inestabilidad y pérdida de calidad por su pegajosidad, colapso o cristalización de solutos por su paso al estado gomoso (Moreno, Martínez, & Camacho, 2019).

Por otro lado, la composición química de la harina de banano utilizando como método de secado es reportada como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Composición química de la harina de banano

Composición	Valor
Proteína (%)	2.92 ± 0.10
Grasa (%)	0.83 ± 0.01
Fibra (%)	9.67 ± 0.05
Almidón total (%)	74.65 ± 2.08
Almidón resistente RS (%)	39.32 ± 1.92

Valores obtenidos por bibliografía (Bello, Agama, Osorio, Utrilla, & García, 2019); (Moyano V. , Palacios, Rosell, & Cornejo, 2022)

La composición química de la harina de banano varía dependiendo de su método de secado. Por el método tradicional, se pierden altos porcentajes de nutrientes sensibles al calor, la liofilización conserva muchos de los nutrientes al utilizar como método de secado, la sublimación del agua.

Como se puede observar en la Tabla 3.2, el elemento que se encuentra con mayor presencia en la harina de banano es el almidón, con un 74% a 77% de manera general, sin embargo, este se encuentra mayormente en la etapa de maduración inicial del banano y, a medida que el proceso de maduración continua, este comienza a transformarse en azúcares simples como la glucosa y la fructuosa, dándole un sabor dulce al fruto. Adicionalmente, una parte de este almidón no es digerido por el organismo y es absorbido por el intestino delgado produciendo una consecuente fermentación en el intestino grueso produciendo ácidos grasos de cadena corta, este tipo de almidón se denomina resistente y el consumo está relacionado con la reducción del índice glucémico y del colesterol, además de prevención en enfermedades como el cáncer de colon (Bello, Agama, Osorio, Utrilla, & García, 2019).

Otro componente nutricional importante es la fibra, que, a pesar de no participar en los procesos metabólicos, estimula la digestión y evacuación intestinal debido a que, esta no se digiere y se fermenta en el intestino grueso para promover el crecimiento de la flora intestinal, ayuda a la prevención y el tratamiento de enfermedades como la obesidad, cáncer de colon y diabetes (Bello, Agama, Osorio, Utrilla, & García, 2019).

3.3 Diseño de Plantas

3.3.1 Ubicación de la Planta

La ubicación de la planta de secado de harina de banano de este proyecto se realizó mediante la metodología de factores ponderados, evaluando los parámetros de precio, ubicación, dimensiones y factibilidades en las que se incluye el análisis del suministro de energía eléctrica y agua potable. Un terreno industrial debe ser considerado en la

Normativa INEN como de Zona I.L INDUSTRIA LIVIANA, tener un mínimo de 1000 m² con un frente de al menos 25 m y poder usarse en un máximo del 90% (INEN, 1984).

En base a una búsqueda de terrenos industriales en Guayaquil, se obtienen 3 opciones:

Tabla 3.3 Opciones de terrenos industriales en la zona del Guayas [(Elaboración propia)]

Opción	Ubicación	Área	Precio
Terreno Industrial 1	Vía Daule	4500	\$870.000
Terreno Industrial 2	Vía Duran - Km 26	6580	\$385.000
Terreno Industrial 3	La Vía a La Costa, Km.19	4250	\$430.000

Ordenando las alternativas de ubicación del 1 al 3 siendo 1 el de mayor ponderación los resultados se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resultados obtenidos del análisis de factores ponderados [(Elaboración propia)]

Factor	Terreno Industrial 1	Terreno Industrial 2	Terreno Industrial 3
Ubicación	2	3	1
Precio	3	1	2
Servicios Básicos	1	3	2
Tamaño del Terreno	1	3	2
Infraestructura	1	3	2
	8	13	9

Con respecto a la ubicación de los terrenos, todas las opciones quedan en zonas distintas y lejanas a los posibles centros de distribución de la harina de banano, sin embargo, la opción 1 es la más viable con respecto a distancias recorridas de punto a punto, con un promedio de tiempo de llegada de 14 min el Terreno Industrial 1, 32 min el Terreno Industrial 2, 20 min el Terreno Industrial 3. Por otro lado, los posibles proveedores de materia prima para abastecimiento la planta, se encuentran ubicados principalmente en

zonas aledañas a Vía a la Costa, incluyendo el proveedor principal de este proyecto, la mejor opción En este caso es la 3.

Analizando el precio, se escogió el más económico siendo el más viable el Terreno Industrial 2 seguido del 3 y por último el 1. En temas de servicios básicos, en base a la información de los ofertantes, todos los terrenos cuentan con servicios básicos, sin embargo, se conoce que zonas como Durán aún existen cortes y suspensiones periódicas del servicio, por ende, la opción más viable es la 1 por encontrarse en una zona de mayor cobertura en ambos servicios.

El tamaño del terreno se obtiene en base al cálculo de las necesidades de espacio para el diseño de la planta, el requerimiento teórico es de 4339 m² por ende la opción más viable es la opción del Terreno Industrial 1 por su ajuste con las necesidades y mejor pérdida de espacio sin utilizar.

Finalmente, para la infraestructura, en base a la información disponible, la opción 1 cuenta con galpones, edificaciones para oficinas, bodega, entre otros. Por otro lado, la opción 2 no cuenta con beneficios adicionales y la opción 3 tiene solo una construcción de 80 m². por ende, la opción más viable es la 1.

Se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.4. La opción más viable es el Terreno Industrial #1 ubicado en Vía Daule al tener menor calificación considerando el orden y los puntos de la matriz.

3.3.2 Descripción del Proceso

Para la elaboración de la harina de banano se planteó como método de secado la liofilización. El diagrama de proceso y de equipos se muestran en las Figuras 3.1 y 3.2 respectivamente. La descripción de las etapas de proceso se muestra en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5 Etapas del proceso para la obtención de la harina de banano
[(Elaboración propia)]**

Etapa	Descripción
Recepción:	Almacenamiento a 14°C en cámaras de refrigeración.
Clasificación	Clasificación en base a: materia prima no apta y desperdicios generales. Rendimiento: 99.96%
Lavado	Eliminación de materiales extraños en la superficie del banano. Rendimiento: 100%
Pelado	Eliminación de la cáscara del banano. Rendimiento: 87.5%
Cortado	Corte en rodajas del banano con espesor máximo de 1 cm. Rendimiento: 97.31%
Liofilización	Congelamiento de las rodajas de banano y posterior secado por sublimación. Temperaturas: -35°C y 60°C. Tiempo de proceso: Congelamiento de 2-3 horas; primera etapa de secado de 14.16 horas; segunda etapa de secado 4-5 horas. Tiempo total del proceso, aproximadamente 20 horas. Rendimiento: 23%
Molienda y Tamizado	Molienda de las rodajas de banano liofilizadas. Tamizado con numero de malla 80 y tamaño de partícula 180 µm. Rendimiento: 93.07%
Envasado	Envasado en empaque metalizado tipo Doy-pack. Capacidad de 250 g y dimensiones por funda de 13x21 cm. PCC: Detector de Metales.
Almacenamiento	Almacenamiento en bodega de PT a temperatura 25°C y empaque secundario de cajas de cartón.

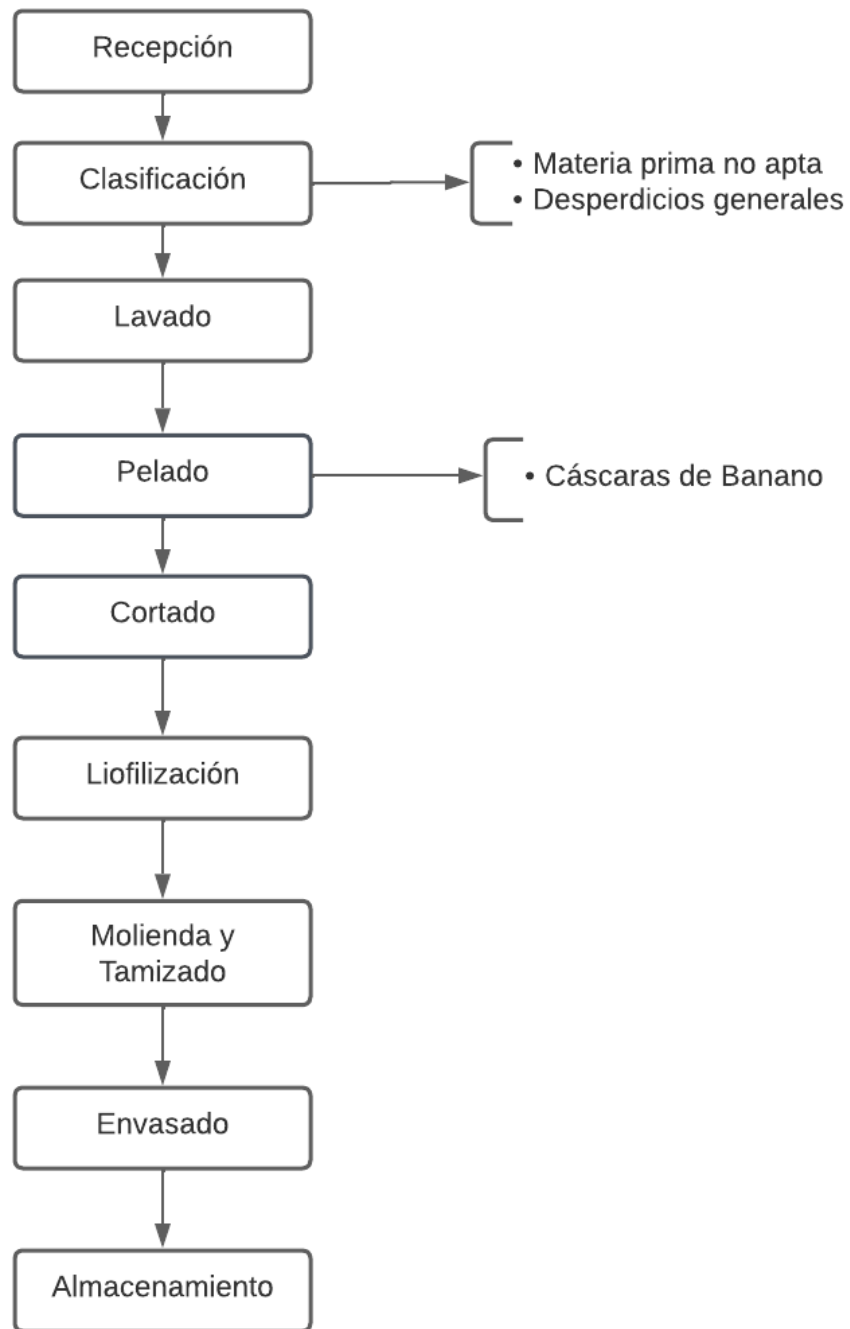


Figura 3.1 Diagrama de flujo básico del proceso de secado de harina de banano
[(Elaboración propia)]

3.3.3 Diagrama de Recorrido Sencillo

En base al diagrama de flujo básico del proceso, se obtuvo que las operaciones de almacenamiento se encuentran al inicio y al final del proceso, en la recepción y producto terminado. Las etapas de inspección se encuentran en la etapa de clasificación por la selección del banano apto para el proceso, tamizado por la revisión de las especificaciones de tamaño de partícula de la harina y envasado debido a la inspección en el equipo de detector de metales. La liofilización es la etapa de espera en el proceso que dura aproximadamente 20 horas por sus etapas de congelación, secado primario y secado secundario.

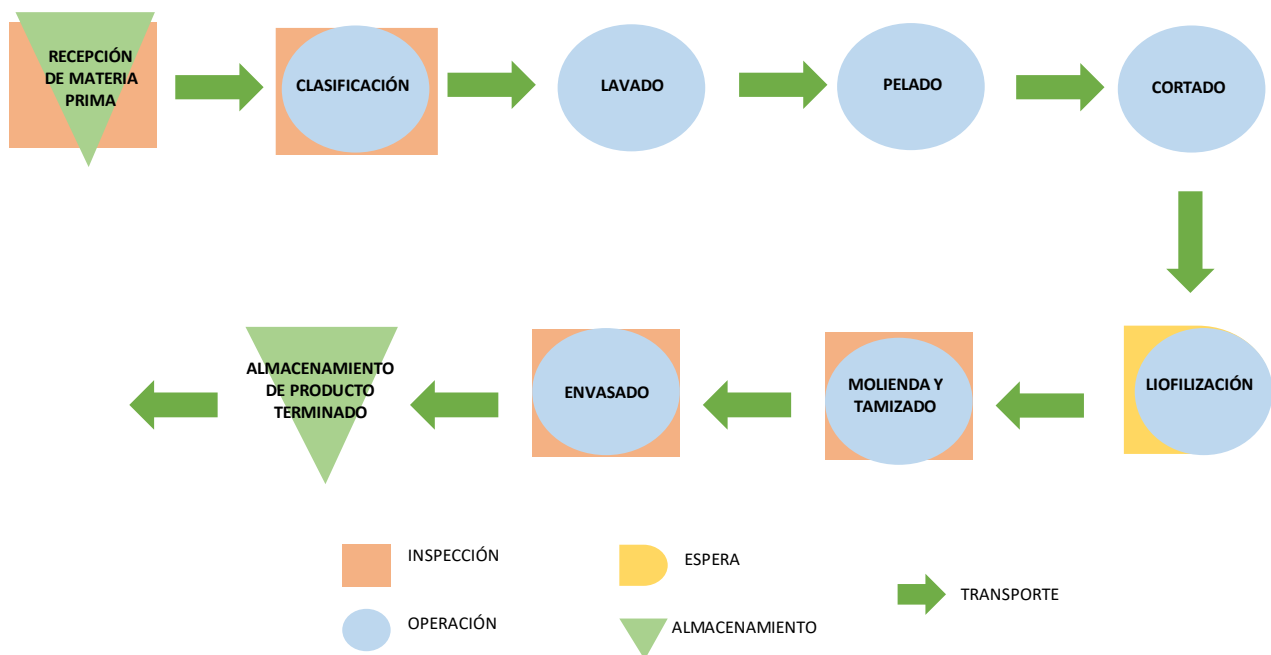


Figura 3.2 Diagrama de Proceso [(Elaboración propia)]

3.3.4 Estimación de espacios

Para la estimación de espacios, se tomó en cuenta las dimensiones de los equipos del proceso. Además de las necesidades del espacio para los operadores y el cumplimiento de las normativas. Se determinó que la división de la planta es de 10 departamentos que comprenden 6 zonas de proceso y 4 zonas auxiliares. La zona de operaciones preliminares comprende los equipos para la clasificación, lavado, pelado y cortado de la

materia prima. La zona de Envasado comprende la molienda, tamizado y el envasado de la harina de banano. El requerimiento de espacios para la planta de secado de harina de banano es de 783.02 m². Ver Apéndice G. El resumen del área requerida por departamento se visualiza en la Tabla 3.5.

Tabla 3.6 Descripción de requerimiento de espacios por departamentos [(Elaboración propia)]

Número de Departamento	Departamento	Área Requerida m ²
1	Recepción de Materia Prima	33.12
2	Zona de Operaciones Preliminares	35.37
3	Zona de Liofilización	31.05
4	Zona de Envasado	58.45
5	Almacenamiento de Producto Terminado	35.33
6	Zona de Control de Producción	72.2
7	Baños y Vestidores	48.3
8	Oficinas Administrativas	73.6
9	Zona de Distribución	119.6
10	Estacionamientos	276

3.3.5 Tabla de relación de actividades

En base al de la operación a realizar, además de incluir los sistemas auxiliares como son los vestidores, sanitarios y las oficinas administrativas, estacionamientos y zona de distribución.

Tabla 3.7 Tabla de Relación de Actividades [(Elaboración propia)]

Actividades	
1	Recepción de Materia Prima
2	Zona de Operaciones Preliminares
3	Zona de Liofilización
4	Zona de Envasado
5	Almacenamiento de Producto Terminado
6	Zona de Control de Produccion
7	Baños y Vestidores
8	Oficinas Administrativas
9	Zona de Distribución
10	Estacionamientos

A1	E8	I6	X8	O8					
A1	E8	I6	X8	O8	I8	U8			
A1	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6		
A1	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6	O8	
A3	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6	U6	O8
O1	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6	U6	
O1	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6	U6	
E1	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6	U6	
I1	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6	U6	
I3	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6	U6	
E6	E8	I6	X8	O8	I8	U8	U6	U6	

3.3.6 LayOut de la planta

La propuesta de distribución de la planta se obtuvo con el software CORELAP 1.0 y, el nuevo orden de la planta en base al TCR se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.8 Ordenamiento de los departamentos por importancia. [(Elaboración propia)]

#	Departamento	TCR	Superficie (m2)
1	Zona de Envasado	92	55.9
2	Zona de Operaciones Preliminares	84	35.37
3	Zona de Control de Producción	70	72.2
4	Zona de Liofilización	70	31.05
5	Almacenamiento de Producto Terminado	62	35.33
6	Zona de Distribución	44	119.6
7	Oficinas Administrativas	44	73.6
8	Estacionamientos	44	276
9	Recepción de Materia Prima	36	33.12
10	Baños y Vestidores	-22	48.3

De forma gráfica el software muestra la distribución mostrada en la Figura 3.4 A y en la parte B se muestra una propuesta de distribución con la descripción de las áreas.

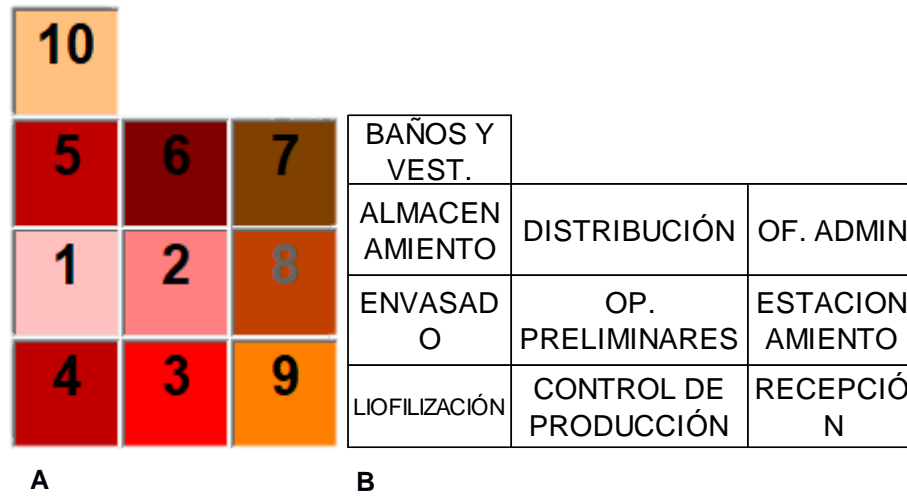


Figura 3.3 Distribución de planta [(Elaboración propia)]

Para realizar el LayOut se utilizó un software de Diseño Online. El esquema se muestra en la Figura 3.4. Con el objetivo cumplir con un flujo de línea sin retrocesos en la distribución de la planta para mantener la seguridad del producto final, se estableció la distribución mostrada en la Figura 3.4.

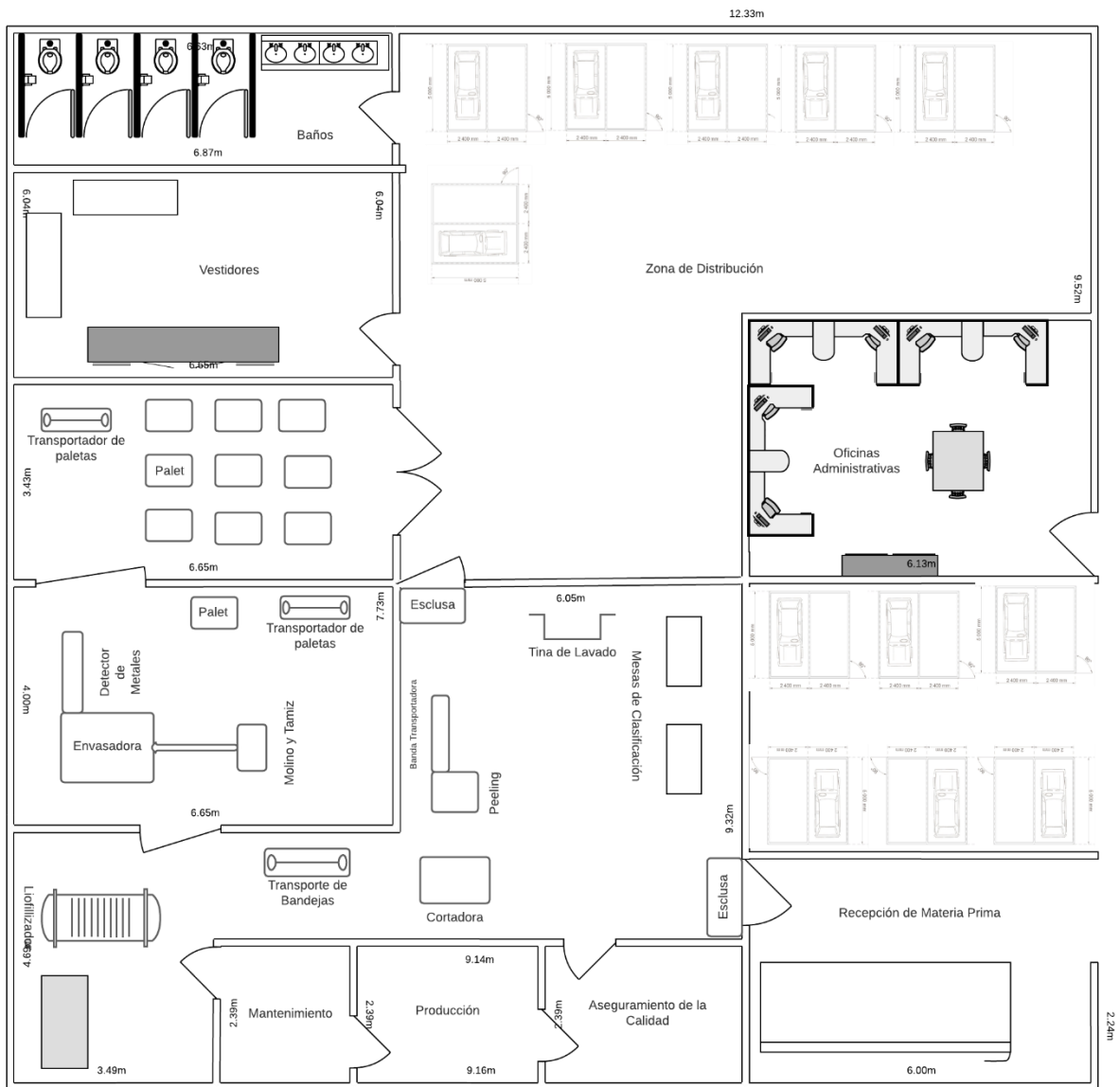


Figura 3.4 LayOut básico de la planta de secado de harina de banana [(Elaboración propia)]

3.4 Selección de equipos para la producción de harina de banano verde

En esta sección se determinaron los equipos para la implementación de la línea de secado para obtener la harina de banano, considerando precio, beneficio, especificaciones y necesidades del cliente, tratando de obtener una línea de producción semi automática.

Las principales características por equipo se encuentran detalladas en el Apéndice E.

3.4.1 Selección de la cámara de refrigeración

La cámara de refrigeración fue referenciada de un diseño ya existente, en Malasia existe una empresa con un almacenamiento de banana en frío que trabaja con el mismo proveedor, donde su cámara tiene medidas de 12*5*3 m, con una puerta corrediza de 1.5*2m. Con un voltaje de 380V/50hz/3ph. Con una temperatura que puede programarse en el rango de -18°C a 15°C, con una potencia de 1245W. Para el diseño de esta cámara se planea dividirla en dos partes por sugerencia del cliente, por ende, la cámara destinada para el almacenamiento del banano para la producción de harina y en la cámara 2 para un proceso alternativo de maduración de banano para consumo. Las dimensiones de este espacio se toman en cuenta debido a la carga de materia prima esperada que es de 10 a 15 toneladas de producto semanales. En el Apéndice B se encuentra detallado el cálculo de espacio de la cámara de refrigeración.

3.4.2 Selección de las mesas de clasificación

Su selección se basó en las características requeridas para el manejo de alimentos, mesa de acero inoxidable AISI 304 con medidas de 1.8*0.8*0.9 m, ideales para el trabajo.

3.4.3 Selección de las tinas de lavado por inmersión y de enjuague

Se selecciono un tipo de tina resistente al agua y a la posible salinidad (cloruros), por ello el material escogido fue el acero inoxidable AISI 316 (Meier, 2020). Además, debido a la materia prima a trabajar, se necesita un equipo con un volumen de 150 L (Bonilla, 2018). Las dimensiones de la tina son 1.5*0.7*0.8 m para el lavado del banano.

3.4.4 Selección de la banda transportadora

La potencia mínima requerida para la banda transportadora es de 140W como se observa en el Apéndice B, por lo que el equipo seleccionado consiste en un marco de

acero inoxidable AISI 304, con fondo de aluminio, con una potencia de 150W, longitud de 2 m, ancho de 0.8 m y 1 m de altura.

3.4.5 Selección de la peladora

La peladora seleccionada es una de las más completas del mercado, permite trabajar con diferentes tamaños y formas de banano. Además, que su composición es de acero inoxidable AISI 304 en su totalidad. Funciona de forma semi automática, con una potencia de 750W y una capacidad de procesar 150-300kg/h.

3.4.6 Selección de la rebanadora

Su selección se basó en su capacidad de procesar 130-660kg/h, con la posibilidad de ajustar las cuchillas al tamaño requerido (2-3 mm) y una composición de acero inoxidable AISI 304.

3.4.7 Selección del liofilizador

El método de secado seleccionado es uno de los más costosos, por lo que el equipo deberá aprovecharse y ser lo más completo posible. El FD-300 de la marca Kemolo es capaz de procesar 300kg de productos en 24 horas, permitiendo congelar el producto antes de secarlo, dentro de la misma cámara. Además, de estar fabricado de acero inoxidable 304 con 66 bandejas para tratamiento.

3.4.8 Selección del molino pulverizador

Según los cálculos del Apéndice B, la capacidad de molienda requerida en el equipo es de 69 kg/día o 8.625 kg/h. El molino seleccionado tiene una capacidad de 10-30 kg/h, con un cuerpo de acero inoxidable AISI 304.

3.4.9 Selección de la malla del tamiz

La selección de malla número 80 para el tamiz permitió obtener harina con un tamaño de partícula de 180 μm , siendo esta más fina que la harina de trigo con tamaño de 210 μm con malla número 70 (INEN, 2015).

3.4.10 Selección del detector de metales

El detector de metales al ser un Punto Crítico de Control (PCC) debe ser adecuadamente calibrado para identificar las partículas de menor tamaño que puedan encontrarse

durante el proceso. Por ello se escogió un equipo con rango de 0.6 – 1.5 mm Fe. Además, cuenta con su propia banda transportadora, alarma silenciosa y con la capacidad de ser programa y ajustada a las necesidades.

3.4.11 Selección de la envasadora

La envasadora escogida es adecuada para el llenado y sellado de fundas Doypack con zipper, cuenta con certificaciones CE & ISO, su cuerpo es de material AISI 304, permite un doble llenado de las bolsas al mismo tiempo y tiene un transporte interno que consiste en vigas y tenazas, manteniendo la inocuidad del proceso.

3.5 Estimación de costos para la implementación de la planta de secado para obtención de harina de banano verde

Es la presente sección consta el análisis de costos de materia prima, equipos, mano de obra, costos fijos y variables para la implementación de la planta mostrados en la Tabla 3.9.

**Tabla 3.9 Costos de equipos de la planta de producción de harina de banano
 [(Elaboración propia)]**

Descripción	Especificaciones	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total (USD)
Cámara de refrigeración	Temperatura -18°C a 15°C / (12*5*3) m / Potencia 1.245kW	1	8420	8420
Mesa de clasificación	AISI 304 / (1.5*0.7*0.8) m	2	220	440
Tinas industriales	AISI 316 / Volumen 150L	1	4200	4200
Peladora de Banano	AISI 304 / Potencia 0.75 kW	1	2998	2998
Rebanadora de Banano	AISI 304 / Corte (1-60) mm / Potencia 0.75kW	1	850	850
Liofilizador	AISI 304 / Potencia 14.6kW / Bandejas 66	1	139800	139800
Molino Pulverizador	AISI 304 / Potencia 4kW	1	1599	1599
Tamiz	AISI 304 / Potencia 0.25kW	1	650	650
Detector de metales	Potencia 0.12kW	1	3600	3600
Banda transportadora	AISI 304 / Potencia 0.15kW / (2*0.8*1) m	1	395	395
Envasadora	AISI 304 / Potencia 3.5kW	1	10000	10000
TOTAL				172,952

3.5.1 Costo de la materia prima

Actualmente el valor de la caja de banano verde (18.14 kg) se encuentra en \$6.30, pero al ser nuestro cliente una fundación se llegó a un acuerdo en donde el banano necesario

puede ser donado o comprado a un menor valor que en el mercado. Es así como el proveedor “Hacienda Uuru” puede facilitar hasta 10 toneladas de banano rechazado a un costo \$500.

Tabla 3.10 Costo de materia prima [(Elaboración propia)]

Capacidad (t)	Costo (USD)	Valor por tonelada (USD)	Valor por kg (USD)
10	500	50	0.05

3.5.2 Cálculo del gasto energético mensual

La energía eléctrica representa el costo variable más importante dentro de una planta de producción según los datos obtenidos de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, el costo es de 0.075 USD/kWh. Con este valor se calculó el consumo energético mensual en base a la Fórmula 3.1 por cada equipo a implementar en la planta. Los valores se muestran en la Tabla 3.11.

$$\text{Consumo mensual} = \frac{P * t_u * d_u}{1000} \quad (3.1)$$

Donde:

P: Potencia (W)

t_u : horas de uso por día (h)

d_u : días uso al mes

Tabla 3.11 Consumo energético de la línea de secado por mes [(Elaboración propia)]

Equipo	W	t_u	d_u	Consumo mensual kWh/mes
Cámara de refrigeración	1245	24	30	896.4
Peladora de Banano	750	2.35	20	35.25
Rebanadora de Banano	750	2.37	20	35.55
Molino Pulverizador	5500	2.76	20	303.6
Detector de metales	120	0.214	20	0.5136
Tamiz	250	0.138	20	0.69
Banda transportadora	150	0.214	20	0.642
Envasadora	3500	0.214	20	14.98
TOTAL				1287.626

Por otro lado, el Liofilizador fue el único equipo que no se calculó su gasto mensual igual que los demás, esto debido a que el proveedor nos proporcionó el consumo energético del mismo. Este valor es de 2.7 kWh/kg en 24 horas y, en base a un tiempo de secado de 22 horas considerado en este proyecto, el consumo para este tiempo como se muestra en el Apéndice D.

Tabla 3.12 Consumo energético del liofilizador por mes [(Elaboración propia)]

Equipo	kWh/kg (22 horas)	Peso (kg)	kWh (22 horas)	d_u	Consumo mensual kWh/mes
Liofilizador	2.475	300	742.5	20	14850

3.5.3 Cálculo dotación de agua potable

El cálculo del consumo de la planta se basa en la dotación descrita en (NEC, 2011), de la cual se escoge la dotación para zonas industriales según el Apéndice D Tabla D2, y en base a la fórmula 3.2.

$$Dotación = 1 \frac{l}{s \cdot Ha} \quad (3.2)$$

Donde:

l : litro

s : segundo

Ha : Hectárea

En estos casos, los medidores contabilizan el consumo del inmueble bajo el volumen en m^3 por lo que la dotación se la lleva a esta unidad volumétrica con la Fórmula 3.3 y un área de estudio considerada como el área total requerida para la planta.

$$Consumo = Dotación * Área de estudio \quad (3.3)$$

$$Consumo = 1 \frac{l}{s \cdot Ha} * \frac{1 Ha}{10000m^2} * 783.02m^2 = 0.0783 \frac{l}{s}$$

$$Consumo = 0.0783 \frac{l}{s} * \frac{28800s}{1 \text{ día laborable}} * \frac{1m^3}{1000l} = 2.25 \frac{m^3}{\text{día laborable}}$$

Se determino que dentro de un mes existen 20 días laborales en promedio, por lo que el consumo de agua potable será:

$$Consumo = 2.25 \frac{m^3}{\text{día laborable}} * \frac{20 \text{ días laborales}}{1 \text{ mes}} = 45 \frac{m^3}{\text{mes}} \quad (3.4)$$

3.5.4 Costos de producción de la harina de banano

Tabla 3.13 Costos variables de producción [(Elaboración propia)]

Descripción	U. Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total (USD/mes)	Total (USD/año)
Materia prima (banano verde)	kg	7050	0.05 USD/kg	352.5	3,900
Energía Eléctrica	kWh/mes	16137.6256	0.075 USD/kWh (ARCERNR, 2022)	1,210.32192	14,523.86304
Agua Potable	m ³ /mes	45	0.831 USD/m ³ (Interagua, 2023)	37.395	448.74
Fundas Doypack Metalizadas 300g	unidades	5400	0.2286 USD/funda (BIO Degradables Ecuador, 2022)	1,234.44	15,928.848
TOTAL				2,834.66	34,801.45

Tabla 3.14 Costos fijos de producción [(Elaboración propia)]

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Total (USD/mes)	Total (USD/año)
Arriendo	1	3,200	3,200	38,400
Coordinador de Producción	1	650	650	7,800
Operadores	4	450	1,800	21,600
TOTAL			5,650	67,800

3.5.5 Precio de venta de la harina de banano

El precio fue fijado luego de un análisis de costo unitario de producción, tomando en consideración el valor comercial de marcas competitivas en el mismo producto.

Tabla 3.15 Costo unitario de producción por funda de 250g [(Elaboración Propia)]

Descripción	Costo
Costos Variables	\$34,801.45
Costos Fijos	\$67,800
Costo de Producción	\$102,601.45
Unidades anuales por producir	69680
Costo Unitario de producción	\$1.47

Con lo cual se llegó a un costo unitario de \$1.47, y un precio final de venta de \$3.5 para un paquete de harina de banano de 250g. Esto nos da un valor de \$0.014 por gramo de harina de banano, siendo nuestro precio el más bajo del mercado, al ser comparado con el valor comercial de \$2.9036 por 136g de harina de banano, dando un costo por gramo de \$0.0213.

Tabla 3.16 Ventas al año [(Elaboración propia)]

Descripción	Unidades por producir	Precio Venta (USD/250g)	Total (USD/año)
Harina de banano	69680	3.5	243,880

3.5.6 Costos totales

Tabla 3.17 Costos totales de implementación y producción anual [(Elaboración propia)]

Descripción	Costo
Costos de equipos	\$172,952
Costos variables de producción	\$34,801.45
Costos fijos de producción	\$67,800
TOTAL	\$275,553.45

3.5.7 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR)

En esta sección se calculó el VAN y TIR para reconocer si la inversión en la planta es rentable, se lo hizo para 5 años, tomando a consideración un aumento anual de 5% para el precio de venta y costo unitario, a partir del segundo año.

Además, se consideró un préstamo de inversión de \$280,000 a una tasa de interés del 5%. Mediante el cálculo en Excel mostrado en el Apéndice F Figura F1 se obtuvieron los siguientes valores:

$VAN = \$393,573.33$

$TIR = 46\%$

Además, mediante los mismos resultados, se puede identificar que la inversión inicial será recuperada para el segundo año de funcionamiento de la planta, a partir de allí, se dará un flujo neto de ganancias por año.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con respecto a la revisión bibliográfica sobre la situación del mercado actual de harina de banano en el Ecuador, se puede concluir que este no presenta competencia directa dentro del territorio nacional, por ende, el producto propuesto cumple con la propuesta de satisfacer las necesidades del consumidor por las tendencias de consumo de productos con beneficios a la salud e impacto ambiental al ser un producto funcional y orgánico.
- El método de secado por liofilización seleccionado permite que las características fisicoquímicas como humedad, pH y actividad de agua de la harina de banano cumplan con lo especificado por las normativas, además de presentar una óptima composición nutricional y beneficios a la salud de los consumidores al favorecer la digestión por su alto contenido de almidón resistente.
- La distribución y diseño de planta propuesto permite un flujo de proceso por mínimas distancias recorridas en una disposición en L, con una dimensión de área total aproximada de 783.02 m² de espacio requerido. La ubicación de la planta sugerida es Vía a Daule por su disponibilidad de terrenos en zona industrial, ubicación geográfica cercana a los posibles centros de distribución del producto final, costos y factibilidades de servicios básicos.
- El precio escogido de \$3.5 por presentación de 250g de harina de banano verde, es el precio más bajo en el mercado nacional e internacional, siendo este igual a \$0.014 por gramo. Por lo que puede ser llamativo tanto para el consumo nacional, como para futuras exportaciones.

- El estudio de factibilidad de la implementación de una línea de secado para la obtención de harina de banano demuestra ser rentable con un TIR y VAN iguales a 16% y \$99,169.72, respectivamente.

4.2 Recomendaciones

- Para la implementación del diseño se realice un estudio sobre las necesidades de seguridad industrial con respecto a los espacios considerados y zonas de peligro de los equipos como el liofilizador por el trabajo realizado a altas presiones. Además de optimizar el consumo de energía eléctrica por los tiempos de proceso en la producción de harina de banano.
- Implementar nuevas líneas en el proceso con el fin de optimizar el consumo y el uso de la tecnología propuesta de liofilización, con el objetivo de acoplarse a las tendencias del consumo de alimentos y obtener mayores márgenes de ganancia con variedad de productos en el mercado nacional.
- Se recomienda realizar mas investigaciones sobre la actividad de agua final deseada de la harina de banano, con el objetivo de no presentar defectos de calidad como la higroscopicidad que deriva en el paso por el estado gomoso de la matriz del alimento causando pegajosidad en su uso. Asimismo, un ajuste en los tiempos de proceso para minimizar el gasto energético y, por ende, los costos de producción

BIBLIOGRAFÍA

Ahmed, J. T. (2020). Influence of hot-air drying and freeze-drying on functional, rheological, structural and dielectric properties of green banana flour and dispersions. *Food Hydrocolloid*, 99, 105331-.

Máquina eléctrica Industrial para cortar frutas y verduras. Accedido el 6 de enero, 2023 desde

https://es.aliexpress.com/item/1005003426654990.html?spm=a2g0o.productlist.main.79.660e466711I3OI&algo_pvid=ae8dc251-e65e-44af-867b-245640b4f7ff&algo_exp_id=ae8dc251-e65e-44af-867b-245640b4f7ff-39&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000025733822758%22%7D&pdp

Manufacturer Profession Custom Cinta Transportadora/banda Transportadora/mesa Transportadora. Accedido el 5 de enero, 2023 desde https://www.alibaba.com/product-detail/Manufacturer-Profession-Custom-Cinta-Transportadora-banda_1600580355929.html

ARCERNNR. (2022). *Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Quito: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables.

Bello, L., Agama, E., Osorio, P., Utrilla, R., & García, F. (2019). Banana and Mango Flours. En L. Bello, E. Agama, P. Osorio, R. Utrilla, F. García, V. Preedy, & R. Ross (Edits.), *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (Segunda ed.). Academic Press.

Beltrán, M. (2016). Alimentos Funcionales. *Farmacia Profesional*, 30(3), 12-14.

Berk, Z. (2013). Freeze Drying (Lyophilization) and Freeze Concentration. En Z. Berk, *Food Process Engineering and Technology* (Segunda ed.). Academic Press.

Fundas Stand Up / Doypack con zipper – Metalizadas. Accedido en 1 diciembre, 2023. desde: <https://www.biodegradablesecuador.com/producto/pet/fundas-stand-up-doypack-con-zipper-metalizadas/>

- Bojarczuk, A., Skąpska, S., Mousavi, A., & Marszalek, K. (2022). Health benefits of resistant starch: A review of the literature. *Journal of Functional Foods*, 93, 1-11.
- Bonilla, J. D. (2018). *Diseño tecnológico de una planta de producción de harina de plátano verde*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Bressani, R., Turcios, J., Reyes, L., & Mérida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(3), 309-313.
- Caballero, B., Márquez, C., & Betancur, M. (s.f.). Efecto de la liofilización sobre las características físico-químicas del ají rocoto (*Capsicum pubescens* R & P) con o sin semilla. *Bioagro*, 29(3), 225-234.
- Casp, A. (2005). *Diseño de Industrias Agroalimentarias*. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa.
- CODEX . (1997). NORMA DEL CODEX PARA EL BANANO (PLÁTANO) (CODEX STAN 205-1997).
- Concha, J., & Pablo, M. (2010). *Análisis económico del desperdicio de banano, basado en el porcentaje de merma que resulta del proceso de empaque de fruta para la exportación, en la Hacienda Las Cañas, cantón Puerto Inca, provincias del Guayas*. Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- EMR. (2022). *EMR - Leave it to the Experts*. Obtenido de Historical and Forecast Trends, Industry Drivers and Constraints, Historical and Forecast Market Analysis by Segment- Source, Process, Application, End Use, Distribution Channel, Region: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/banana-flour-market>
- ESPAC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. INEC.
- FAO . (2013). *The Food wastage footprint - Impacts on natural resources*. FAO.
- Flaguera, V., Aliguer, N., & Falguera, M. (2012). An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products? *Food Control*, 26(2), 274-281.
- Franco, E. (2016). El desperdicio de alimentos: una perspectiva desde los estudiantes de Administración de Empresas de la UPS Guayaquil. *Retos*, 54-66.
- Garcia, C., Giraldo, G., Hurtado, H., & Mendivil, C. (2006). CINÉTICA ENZIMÁTICA DE LA POLIFENOL OXIDASA DEL BANANO GROS MICHEL EN DIFERENTES

ESTADOS DE MADURACIÓN. *REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA*, 13-19.

Gil, M., Rojano, B., & Guerrero, C. (2012). *Inhibición de la polifenoloxidasas extraída del banano (cavendish) por medio de algunos derivados del isoespintanol*. Universidad Lasallista.

Grand View Research. (2020). *Grand View Research*. Obtenido de GVR Report coverBanana Flour Market Size, Share & Trends Report: Accedido el 2 de enero, 2023 desde <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/banana-flour-market-report>

Grupo Forbo. (2009). *Siegling transilon: Bnadas de transporte y procesamiento*. Grupo Forbo.

Guangdong Chaoqiang Electronic Technology Co. (6 de 1 de 2023). *Metal detector industrial metal detectors detector de metales*. Accedido el 6 de enero, 2023 desde https://www.alibaba.com/product-detail/metal-detector-industrial-metal-detectors-detector_62356702045.html?spm=a2700.pccps_detail.0.0.229114d91k5Zdn

Henan Lerford Machinery Equipment. (6 de 1 de 2023). *Nuevo equipo de peeling de Plátano Verde Plátano máquina dispensador*. Accedido el 6 de enero, 2023 desde https://es.made-in-china.com/co_machineryking/product_New-Green-Banana-Peeling-Equipment-Plantain-Peeler-Machine_ehhinsuhy.html

INEC. (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*. Quito, Ecuador : INEC.

INEN. (1984). CPE INEN 5 Parte 7: 1984 CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION. ORDENANZA MUNICIPAL BÁSICA DE ZONIFICACIÓN. Quito, Ecuador.

INEN. (2013). NTE INEN 2801. *NORMA PARA EL BANANO (PLÁTANO) (CODEX STAN 205-1997, MOD)*. Quito, Ecuador.

INEN. (2015). *Harina de trigo. Requisitos*. Quito: INEN.

Interagua. (21 de 1 de 2023). *FACTURACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Accedido el 21 de enero, 2023 desde: <https://www.interagua.com.ec/preguntas-frecuentes>

Jasim, A., Linu, T., & Rawan, K. (2020). Influence of hot-air drying and freeze-drying on functional, rheological,. *Food Hydrocolloids*, 9, 1-10.

- KEMOLO. (5 de 1 de 2023). *FD-300 Liofilizador*. Accedido el 5 de enero, 2023. <https://www.liofilizador.com/products/liofilizadora-es.html>
- Lajolo, F. (2002). Functional foods: Latin American perspectives. *British Journal of Nutrition*, 88(2), S145-S150.
- Lau, T.-C., Chan, M.-W., Tan, H.-P., & Kwek, C.-L. (2013). Functional Food: A Growing Trend among the Health Conscious. *Asian Social Science*, 9(1), 198-208.
- Ma, J., Seenivasan, S., & Yan, B. (2019). Media influences on consumption trends: Effects of the film *Food*. *International Journal of Research in Marketing*, 0-16.
- Mao, W., & Kinsella, J. (1981). Amylase Activity in Banana Fruit: Properties and Changes in Activity with Ripening. *Journal Of Food Science*, 1400-1403.
- Meier, C. R. (2020). *DQS Caribe*. ceros Inoxidables para Alimentos y los Imanes. Accedido el 5 de enero, 2023 desde Obtenido de Los A: <https://dqscaribe.com/los-aceros-inoxidables-para-alimentos-y-los-imanos/>
- Mizobutsi, G., Finger, F., Ribeiro, R., Puschmann, R., Neves, L., & Mota, W. (2010). Effect of pH and temperature on peroxidase and polyphenoloxidase activities of litchi pericarp. *Scientia Agricola*, 213-217.
- Moreno, L., Martínez, N., & Camacho, M. (2019). *RELACIONES HUMEDADACTIVIDAD DEL AGUATEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA DEL ZUMO DE NARANJA LIOFILIZADO A DIFERENTE TEMPERATURA*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia:
- Moyano, V., Palacios, S. R., & Cornejo, F. (2022). Impact of drying methods on banana flour in the gluten-free bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 168, 1-7.
- Moyano, V., Palacios, S., Rosell, C., & Cornejo, F. (2022). Impact of drying methods on banana flour in the gluten-free bread quality. *LWT- Food Science and Technology*, 168, 1-7.
- NEC. (2011). Norma Hidrosanitaria NHE Agua. En NEC, *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (págs. 9-14). Quito: Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- OnlyKem. (2023). *Cold storage room specification*. Jinan: OnlyKem Technology CO., LTD.

- Pareek, S. (2016). Nutritional and Biochemical Composition of Banana. En *Nutritional Composition of Fruit Cultivars* (págs. 49-81). United Kingdom : Academic Press.
- Pereira, W., Diniz, C., Almeida, F., & Palmeira, J. (2012). An empiric equation for the latent heat of vaporization of moisture in bananas during its isothermal drying. *Agricultural Sciences*, 3(2), 214-220. doi:http://dx.doi.org/10.4236/as.2012.32025
- Pereira, W., Silva, C., Matos, L., Santos, I., & Oliveira, E. (2018). Mathematical model for determining thermal properties of whole bananas with peel during cooling process. *Journal of Food Engineering*, 227, 11-17.
- Pinar, F. Ç., & Uçar, A. (2018). Consumer attitudes towards purchasing functional products. *Progress in Nutrition*, 20(2), 257-262.
- Pinzón, M. (2005). El papel de las ONG y sus alcances en la responsabilidad social empresarial. *Revista Opera*, 5(5), 75-96.
- Ponce, J., Málaga, A., Huamani, A., & Chuqui, S. (2016). Optimización de la concentración de la α -amilasa y lactosuero en el mejoramiento de las características tecnológicas, nutricionales y sensoriales del pan francés. *Agroindustrial Science*, 6, 185-194.
- Ramírez, C., & Solórzano, S. (2012). BANANO RECHAZADO PARA EXPORTACIÓN EN ECUADOR: PROPUESTA DE CREACIÓN DE VALOR PARA LOGRAR SU INTRODUCCIÓN AL MERCADO INTERNACIONAL. Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311-319.
- Resende, L., & Franca, A. (2019). Flours Based on Exotic Fruits and Their Processing Residues Features and Potential Applications to Health and Disease Prevention. En *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (Segunda ed.) Elsevier .
- Roshan, D. (2023). *Banana Flour Market by Process Type (Freeze Dried and Spray Dried), Application (Household, Pet Food & Feed Industry, and Beverages), and Source (Organic and Conventional): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030*.

- Shanghai Huacheng Packing Machinery Co. *Zipper Stand up Bag Bolsa Doypack ya confeccionados de llenado automático de la máquina de embalaje*. Accedido en 6 de enero, 2023 desde https://es.made-in-china.com/co_shhckpt/product_Zipper-Stand-up-Bag-Premade-Pouch-Automatic-Doypack-Filling-Packing-Machine_ysnnhnynsg.html
- Silveira, A. (2017). Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados. *Agrociencia Uruguay*, 1-6.
- Singh, B., Pal Singh, J., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Bioactive compounds in banana and their associated health benefits - A review . *Food Chemistry* , 1-11.
- Takougnadi, E., Boroze, T.-E. T., & Azouma, Ó. Y. (2020). Effects of drying conditions on energy consumption and the nutritional and organoleptic quality of dried bananas. *Journal of Food Engineering*, 1-9.
- Ulrich, G. D. (1993). *Diseño y Economía de los procesos de Ingeniería Química*. (Primera, ed.). Ciudad de Mexico: McGraw-Hill.
- UNICEF & CEPAL. (2006). *Desnutrición infantil en América Latina y el Caribe*. CEPAL .
- UNICEF. (2021). *Desnutrición Crónica Infantil - Uno de los mayores problemas de salud pública en Ecuador*. Obtenido de UNICEF Accedido en 28 de diciembre, 2022. desde <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-infantil>
- Wang, B.-B., Sun, P.-Y., Chen, B.-L., & Sajjad, U. (2022). Influence of the process parameters on the energy conservation and quality of the kiwi fruit subjected to vacuum freeze-drying. *Case Studies in Thermal Engineering*, 33, 1-15.
- Win Tend Co. *Alambre de acero inoxidable Industrial tubo redondo ajustable de 2 capas*. Accedido en 6 de enero, 2023 desde https://es.made-in-china.com/co_wintend/product_Industrial-Stainless-Steel-Wire-Adjustable-Round-Tube-2-Layers-Board-Hotel-Buffer-Work-Table-with-EVA-Sticker_rinhnhisg.html.
- Xinxiang Dahan Vibrating Machinery Co. *Dahan 500 Micro Sieve Mesh Leaves Sorting Vibration Sieve Machine*. Accedido en 5 de enero, 2023 desde https://www.alibaba.com/product-detail/Dahan-500-Micro-Sieve-Mesh-Leaves_62285268776.html?spm=a2700.wholesale.0.0.39891f78R2nEHP

Zhengzhou Honest Machinery Co. (5 de 1 de 2023). *Molinillo de especias industrial con acero inoxidable*. Accedido en 5 de enero, 2023 desde https://es.made-in-china.com/co_zzhonest/product_Industrial-Spice-Grinder-with-Stainless-Steel_eueoegyey.html

Zingal. (20 de 01 de 2023). *Equipos para procesamiento* . Obtenido de FR5 - Tanque de lavado de frutas (300-500kg): Accedido en 20 de enero, 2023 desde <https://www.grupozingal.co/producto/tanque-de-lavado-de-frutas-300-500-kg/>.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Ubicación de posibles terrenos para la localización de la planta

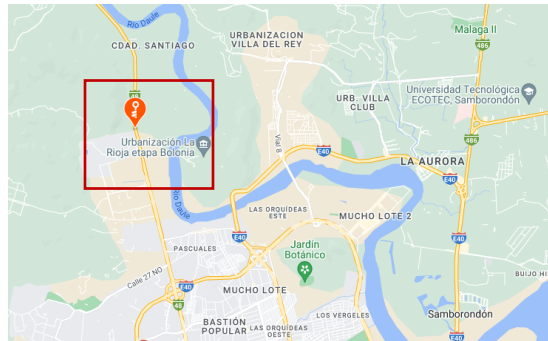


Figura A.1 Ubicación del terreno industrial 1

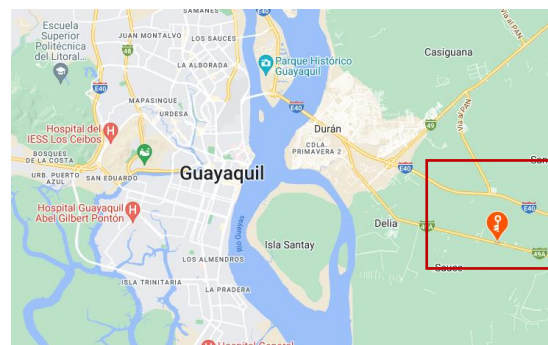


Figura A.2 Ubicación del terreno industrial 2

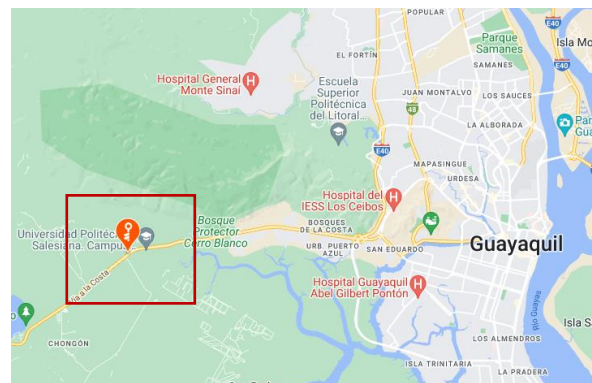


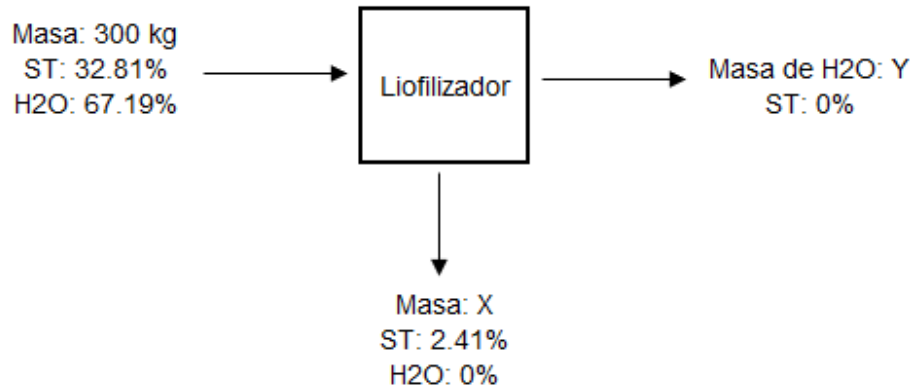
Figura A.3 Ubicación de terreno industrial 3

APÉNDICE B

Cálculos para el diseño del proceso

Balance de masa del proceso de obtención de la harina de banano verde

Para obtener el balance de masa se toman en cuenta las etapas de proceso donde existe un cambio en la composición del producto. Para obtener la composición del banano en base seca y la cantidad en kg de agua eliminada se realizan los siguientes cálculos:



Esquema de entradas y salidas de la etapa de liofilización

Balance global:

$$m_T = m_s + m_a$$
$$m_T X_s = m_s X_s + m_a X_a$$

Balance de solidos:

$$m_T X_s = m_s X_s$$
$$300 \text{ kg} \times 0.0241 = m_s \times 0.3281$$
$$m_s = 22.03 \text{ kg}$$

Balance de agua:

$$m_a = m_T - m_s$$
$$m_a = 277.97 \text{ kg}$$

Es decir, de los 300 kg de banano verde inicialmente entran al proceso, se obtienen 22.03 kg de producto seco y salen 277.97 kg de agua.

Cálculo del tiempo de secado de la primera etapa de liofilización

En base a la Ecuación B1 descrita en “Freeze Drying (Lyophilization) and Freeze Concentration (Berk, 2013) :

$$t = \frac{Z^2(w_i - w_f)}{2(T_o - T_i)} \left[\frac{\rho \lambda_s}{k} \right] \quad (\text{B.1})$$

Donde:

- Z = espesor del alimento congelado
- w_i = la humedad inicial del alimento
- w_f = la humedad final del alimento
- T_o = temperatura de la superficie de la cámara de liofilización
- T_i = temperatura inicial del producto.

Y los parámetros de las propiedades térmicas del banano congelado obtenidos de estudios previos (Pereira, Silva, Matos, Santos, & Oliveira, 2018) y (Pereira, Diniz, Almeida, & Palmeira, 2012).

- Densidad (ρ): $985 \frac{kg}{m^3}$
- Conductividad térmica (k): $0.328 \frac{W}{m K}$
- Calor latente de sublimación (λ_s): $2631 \frac{kJ}{kg}$

Los parámetros de humedad inicial y final fueron considerados en base a la experimentación realizada a escala piloto:

- $w_i = 67.19\%$
- $w_f = 2.41 \%$


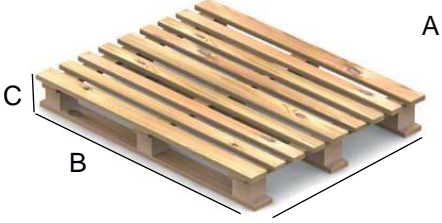
La temperatura de superficie de trabajo de la cámara fue obtenida a partir de las especificaciones del proveedor. El espesor máximo considerando un corte irregular de 1 cm. Se obtiene que la primera etapa de liofilización del banano verde congelado es de 50985.29 s que corresponde a 14.16 h.

Este resultado es similar a lo que se asume del proceso de secado de la liofilización, en la que la tasa de secado es 1 mm/h.

Cálculo de capacidad para cámara de refrigeración y almacenamiento de materia prima.

Para realizar el cálculo del espacio requerido para la cámara de refrigeración para almacenar la materia prima se tomará en cuenta las medidas de los elementos descritos en la Tabla B.1.

Tabla B.1 Descripción de elementos a considerar para medición de espacio en cámara de refrigeración

Elemento	Medidas
 <p data-bbox="300 997 828 1029">Caja de banano referencial de 18 kg (22U)</p>	<p data-bbox="1047 840 1274 871">Largo (A): 498 mm</p> <p data-bbox="1047 882 1274 913">Ancho (B): 391 mm</p> <p data-bbox="1047 924 1274 955">Altura(C): 237mm</p>
 <p data-bbox="462 1333 657 1365">Pallet estándar</p>	<p data-bbox="1047 1165 1274 1197">Largo (A): 800 mm</p> <p data-bbox="1047 1207 1274 1239">Ancho(B): 1200 mm</p> <p data-bbox="1047 1249 1274 1281">Altura(C): 144 mm</p>

Se estima que la llegada de producto a planta será de aproximadamente 10 a 15 toneladas, por ende, se realizan las siguientes estimaciones:

- 1 pallet estándar puede soportar hasta 1500 kg.
- Entran 54 cajas de banano verde por pallet ordenadas de forma uniforme.
- Se necesitan 15 pallets para almacenar de forma uniforme hasta 15 toneladas de banano.
- Los pallets estarán distribuidos en 5 columnas de 3 filas (Figura B1).

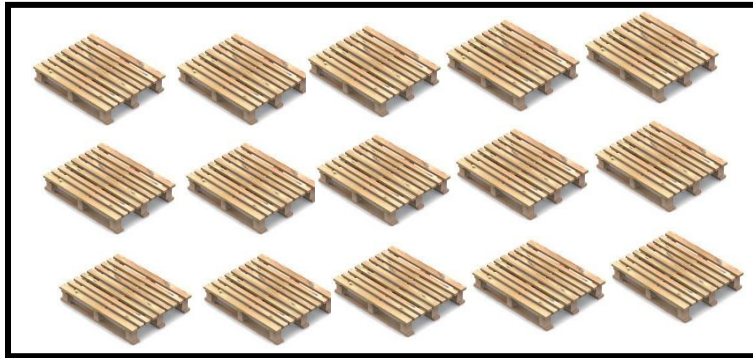


Figura B.1 Disposición de pallets en cámara de refrigeración

Cálculos del diseño de la banda transportadora

Siguiendo el procedimiento propuesto por (Grupo Forbo, 2009) se realizan los siguientes cálculos.

- Calculo de la Fuerza tangencial

$$F_u = \mu_T * g * (m_1 + m_2 + m_B) \quad (B.2)$$

Donde:

F_u : Fuerza tangencial (N)

μ_T : Coeficiente de fricción para marchar sobre mesa

g : gravedad (m/s^2)

m_1 : masa de transporte superior (kg)

m_2 : masa de transporte inferior (kg)

m_B : masa de la banda (kg)

Conociendo lo siguiente:

μ_T : 0.33, descrito en el Apéndice C Tabla C1

g : $9.8 m/s^2$

m_1 : 100 kg, como peso máximo a transportar

m_2 : 0 kg, ya que no se transportará nada por debajo

m_B : 5 kg, que es el peso aproximado del aluminio

Entonces,

$$F_u = 0,33 * 9,8 * (100 + 0 + 5) \quad (\text{B.3})$$

$$F_u = 339.57 \text{ N} \quad (\text{B.4})$$

- Calculo de la potencia en el tambor del motriz

$$P_A = \frac{F_u * v}{1000} \quad (\text{B.5})$$

Donde:

P_A : Potencia en el tambor del motriz (kW)

v: Velocidad de la banda (m/s)

Conociendo lo siguiente:

Según (Ulrich, 1993) la velocidad promedio de bandas transportadoras se encuentra entre 0.1-0.3 m/s, por lo que 0.3 m/s es el valor escogido para el cálculo.

$$P_A = \frac{339.57 * 0.33}{1000} \quad (\text{B.6})$$

$$P_A = 0.112 \text{ kW} \quad (\text{B.7})$$

- Calculo de la potencia del motor necesario

$$P_M = \frac{P_A}{\eta} \quad (\text{B.8})$$

Donde:

P_M : Potencia del motor necesario (kW)

η : eficiencia del motor (0.8) (Grupo Forbo, 2009)

$$P_M = \frac{0.112}{0.8} \quad (\text{B.9})$$

$$P_M = 0.14 \text{ kW} = 140 \text{ W} \quad (\text{B.10})$$

Cálculo de la capacidad de molienda

La capacidad de molienda dependerá del rendimiento del liofilizador, el cual de una carga inicial de 300 kg obtiene 69 kg de banano deshidratado en 24 días. Además, que la jornada laboral diaria es de 8 horas.

$$\frac{69 \text{ kg}}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ dias}}{8 \text{ horas}} = 8.625 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \quad (\text{B.11})$$

APÉNDICE C

Datos y constantes para el cálculo del transportador de banda

Tabla C.1 Coeficientes de fricción (Grupo Forbo, 2009).

Coeficientes de fricción estática μ_s para diferentes recubrimientos (valores aproximados)	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, V5H, V10H
	μ_T (mesa)	0,33	0,33	0,5
μ_R (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
μ_{ST} (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

Tabla C.2 Datos técnicos, propiedades del recubrimiento de la banda (Grupo Forbo, 2009).

G – Goma								
E 3/2 U0/G8 NSTR verde	900369	2	2	3,5	30	-30/+100	65	1450 ³⁾ /2240 ⁴⁾
E 3/2 U0/G10 STR verde	900314	2	2,2	5	30	-30/+100	65	1500 ³⁾ /2400 ⁴⁾
E 12/2 U0/G10 GSTR verde	900319	2,5	2,6	8,5	60	-30/+100	65	1500 ³⁾ /2400 ⁴⁾
E 12/2 U0/G20 AR negro	906447	5,5	4	7	90	-30/+100	65	1450 ³⁾ /2400 ⁴⁾
E 12/2 U0/G20 AR verde	906217	5,5	4	8	90	-30/+100		1450 ³⁾ /2400 ⁴⁾
E 12/2 U0/G20H AR verde	906216	5,5	4	9	90	-30/+100	75	1450 ³⁾ /2400 ⁴⁾
L – Cuero								
E 8/2 U0/L25 gris plata	900418	4,45	4,5	7,5	90 ⁶⁾	-10/+70		1050 ³⁾
N/F/Z-NOVO/fieltro de poliéster/capa de poliéster								
E 2/1 0/V/NOVO NA-Q gris	906500	1,65	1,45	1,5	24	-10/+70		1400
E 6/1 U0/F20 blanco	900130	2,5	1,4	4	50 ⁸⁾ /4	-30/+100		1500 ³⁾
E 10/1 U1/Z30 Q blanco	906707	4,2	1,9	8	40	-30/+100		1450
NOVO 25 NA verde	906633	2,5	1,3	7	40	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 25 NA blanco FDA	996160	2,5	1,3	7	40	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 25 HC negro	900195	2,8	1,3	7	40	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 25 HC-SE negro	906235	2,8	1,3	7	40	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 40 NA verde	900222	4	2,2	7,5	90	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 40 HC negro	900221	4	2,2	7,5	90	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 40 HC-SE negro	906236	4	2,2	7,5	90	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 40 NA SM/SM blanco FDA	900429	4	2,2	7,5	90	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 60 NA verde	900285	5,5	3,1	8	125	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 60 HC negro	900286	5,5	3,1	8	125	-10/+120		2000 ³⁾
NOVO 60 HC-SE negro	906237	5,5	3,1	8	125	-10/+120		2000 ³⁾
P – Poliamida								
E 4/1 P2/P2 MT/MT-HC negro	906396	0,75	0,8	3,5	60	-30/+100	75	3500
E 4/2 U0/P2 MT-HC negro	906212	0,9	0,9	4	60	-30/+100	75	3500 ³⁾
E 10/2 0/P2 GL transparente	906459	1,9	1,9	11	40	-10/+100		3100
E 15/2 P2/P2 GL/GL transparente	906515	1,9	2	7	125	-10/+100	63	2000 ³⁾
R – HighGrip								
E 4/1 U0/R2 HACCP-FF blanco FDA	906665	1,15	1,15	3	40 ⁸⁾ /r3	-30/+100	55	3100
E 4/2 U0/R2 HACCP-FF blanco FDA	906705	1,35	1,55	5	60 ⁸⁾ /r3	-30/+100	76	3100 ³⁾
E 8/2 0/R10 S/LG negro	906630	2,5	2,3	7,5	40	-30/+100	55	3000
E 8/2 U0/R15 LG-SE negro	906706	3,2	3	8	60	-30/+100	45	3000 ³⁾

APÉNDICE D

Cálculos de costos fijos de energía eléctrica y agua potable

Cálculo del gasto energético del liofilizador seleccionado

Tabla D.1 Parámetros técnicos del liofilizador seleccionado (KEMOLO, 2023).

Modelo	FD-10	FD-20	FD-30	FD-50	FD-100	FD-200	FD-300
Tipo	Conductivo, todo en uno						
Capacidad de hielo (kg)	10kg	20kg	30kg	50kg	100kg	200kg	300kg
Temperatura del condensador	-45°C	-45°C	-45°C	-45°C	-45°C	-45°C	-45°C
Área útil del estante (m ²)	1 m ²	2 m ²	3 m ²	5 m ²	10 m ²	20m ²	30m ²
Número de estantes	5+1,	6+1,	7+1,	7+1,	11+1,	14+1,	13+1,
Dimensión del estante (m)	0.4*0.55	0.7*0.5	0.725*0.6	1.2*0.6	1.15*0.8	1.45*1	2.1*1.1
Espacio entre estantes (mm)	40	40	40	40	40	40	40
Temperatura del estante (°C)	-25 a 70	-25 a 70	-25 a 70	-25 a 70	-25 a 70	-25 a 70	-25 a 70
Enfriamiento del estante (a -25°C)	≤ 60 min	≤ 60 min	≤ 60 min	≤ 60 min	≤ 60 min	≤ 60 min	≤ 60 min
Calentamiento del estante	1°C/min	1°C/min	1°C/min	1°C/min	1°C/min	1°C/min	1°C/min
Medio de transferencia	aceite	aceite	aceite	aceite	aceite	aceite	aceite
Número de bandejas del producto	5 piezas	12 piezas	7 piezas	14 piezas	22 piezas	56 piezas	78 piezas
Dimensión de la bandeja (mm)	400*550	345*495	720*595	595*595	570*795	400*550	700*550
Último vacío (Pa)	5 Pa	5 Pa	5 Pa	5 Pa	5 Pa	5 Pa	5 Pa
Velocidad de vacío (a 100 Pa)	≤ 15 min	≤ 15 min	≤ 15 min	≤ 15 min	≤ 15 min	≤ 15 min	≤ 15 min
Refrigerante	R404a	R404a	R404a	R404a	R404a	R404a	R404a
Cantidad de agua de enfriamiento	2t/h	3t/h	4t/h	6t/h	12t/h	22t/h	35t/h
Consumo de energía (en 24h)	9.9kwh/kg	6.1kwh/kg	5.1kwh/kg	4.7kwh/kg	3.5kwh/kg	2.8kwh/kg	2.7kwh/kg
Requisito de poder (kw)	5.12kw	6.3kw	7.95kw	12.05kw	17.85kw	28.3kw	41.3kw
Área de instalación (m ²)	8	15	20	25	35	45	50
Cámara – dimensiones (m)	2.1*0.9*2	2.3*1*2	2.5*1.1*2	2.8*1.2*2	3*1.5*2	3.5*2*2.2	4*2*2.2
Peso (kg)	1600	1900	2000	2500	4000	6000	7500

El proveedor indica que el consumo energético en 24 horas del liofilizador es de 2.7kWh/kg, lo que nos permite calcular el consumo para el tiempo de proceso (22 horas).

$$\text{Consumo de energía} = 2.7 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ proceso}}{24 \text{ h}} * \frac{22 \text{ horas}}{1 \text{ proceso}} = 2.475 \text{ kWh/kg} \quad (\text{D.1})$$

Cálculo del consumo de agua potable de la planta

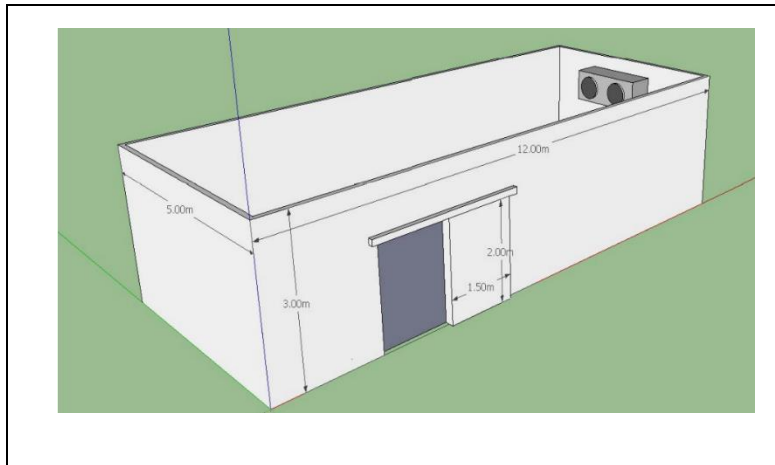
Tabla D.2 Dotaciones para edificaciones de uso específico (NEC, 2011).

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
adelante		
Internados, hogar de ancianos y niños	L/ocupante/día	200 a 300
Jardines y ornamentación con recirculación	L/m ² /día	2 a 8
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa	30 a 50
Mercados	L/puesto/día	100 a 500
Oficinas	L/persona/día	50 a 90
Piscinas	L/m ² área útil /día	15 a 30
Prisiones	L/persona/día	350 a 600
Salas de fiesta y casinos	L/ m ² área útil /día	20 a 40
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador/jornada	80 a 120
Terminales de autobuses	L/pasajero/día	10 a 15
Universidades	L/estudiante/día	40 a 60
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas*	L/s/Ha	1 a 2

APÉNDICE E


Especificaciones técnicas de los equipos de la planta de secado para obtención
harina de banano

Tabla E.1 Especificaciones técnicas de la cámara de refrigeración seleccionada
[[OnlyKem, 2023]]



Voltaje	380v/50hz/3ph
Potencia (W)	1245
Refrigerante	R404a
Temperatura	-18°C a 15°C
Tamaño (m)	12*5*3
Precio (\$)	8,420

Tabla E.2 Especificaciones técnicas de la mesa de clasificación seleccionada [(Win Tend Co., 2023)]



Material	Acero Inoxidable 304
Espesor (mm)	1.2-1.5
Tamaño (m)	1.8*0.8*0.9
Precio (\$)	220

Tabla E.3 Especificaciones técnicas de la tina de lavado seleccionada [(Zingal, 2023)]



Material	Acero Inoxidable 304
Capacidad (kg)	300-500
Tamaño (m)	1.5*0.7*0.8
Precio (\$)	4,200

Tabla E.4 Especificaciones técnicas de la banda transportadora seleccionada [(Alibaba, 2023)]

	
Material	Acero Inoxidable 304 – Aluminio
Potencia (W)	150
Voltaje	110v/220v
Tamaño (m)	2*0.8*1
Precio (\$)	395

Tabla E.5 Especificaciones técnicas del pelador de banana seleccionado [(Henan Lerford Machinery Equipment, 2023)]



	
Material	Acero Inoxidable 304
Potencia (W)	750
Capacidad (kg/h)	150-300
Tamaño (m)	0.9*1.1*1.7
Voltaje (V)	220
Precio (\$)	2,988

Tabla E.6 Especificaciones técnicas del rebanador de banano seleccionado [(AIMUSI Machine , 2023)]



Material	Acero Inoxidable 304
Potencia (W)	750
Capacidad (kg/h)	130-660
Tamaño (m)	1.60*0.80*0.78
Voltaje (V)	220
Corte (mm)	1-60
Precio (\$)	850

Tabla E.7 Especificaciones técnicas del liofilizador de banano seleccionado [(KEMOLO, 2023)]



Material	Acero Inoxidable 304
Potencia (kW)	14.6
Capacidad	300kg en 24 horas
Voltaje (V)	220
Temperatura	-45°C a 60°C
Bandejas	66
Precio (\$)	139,800

Tabla E.8 Especificaciones técnicas del molino seleccionado [(Zhengzhou Honest Machinery Co., 2023)]



Material	Acero Inoxidable 304
Potencia (kW)	5.5
Capacidad (kg/h)	10-30
Tamaño (m)	0.55*0.60*1.25
Voltaje (V)	220
Finura de molienda (malla)	40-325
Precio (\$)	1,599

Tabla E.9 Especificaciones técnicas del tamiz seleccionado [(Xinxiang Dahan Vibrating Machinery Co., 2023)]



Material	Acero Inoxidable 304
Potencia (kW)	0.25
Capacidad (kg/h)	500
Voltaje (V)	220/380
Numero de malla	80
Precio (\$)	650

Tabla E.10 Especificaciones técnicas de la envasadora seleccionada [(Shanghai Huacheng Packing Machinery Co., 2023)]



	
Material	Acero Inoxidable 304
Potencia (kW)	3.5
Velocidad (PPM)	40-60
Tamaño (m)	2.3*9.8*1.4
Voltaje (V)	380
Precio (\$)	10,000

Tabla E.11 Especificaciones técnicas del detector de metales seleccionado [(Guangdong Chaoqiang Electronic Technology Co., 2023)]

	
Material	Acero Inoxidable 304
Sensibilidad de detección (mm)	0.5-1.5
Capacidad de carga (kg)	5-25
Voltaje (V)	220
Tamaño (m)	1.4*0.84*1.05
Potencia (kW)	0.12
Precio (\$)	10,000

APÉNDICE F

Cálculo de VAN y TIR en la herramienta Excel

Tabla F.1 Cálculos de VAN y TIR mediante fórmulas en Excel [(Elaboración propia)]

Inversion Inicial	280000	Tasa Interes	5%			
Detalles	0	1	2	3	4	5
Saldo inicial	\$(280,000.00)	\$(280,000.00)	\$(206,532.25)	\$(126,000.57)	\$ (38,051.77)	\$ 57,685.01
Ventas	-	\$ 243,880.00	\$ 256,074.00	\$ 268,877.70	\$ 282,321.59	\$ 296,437.66
Total Ingresos	-	\$ 243,880.00	\$ 256,074.00	\$ 268,877.70	\$ 282,321.59	\$ 296,437.66
Prestamos pago interes	-	\$ 58,800.00	\$ 58,800.00	\$ 58,800.00	\$ 58,800.00	\$ 58,800.00
Costos fijos	-	\$ 67,800.00	\$ 71,190.00	\$ 74,749.50	\$ 78,486.98	\$ 82,411.32
Costos variables	-	\$ 34,801.45	\$ 36,541.52	\$ 38,368.60	\$ 40,287.03	\$ 42,301.38
Depreciacion	-	\$9,010.80	\$ 9,010.80	\$ 9,010.80	\$ 9,010.80	\$ 9,010.80
Total Gastos	-	\$ 170,412.25	\$ 175,542.32	\$ 180,928.90	\$ 186,584.80	\$ 192,523.50
Utilidad Bruta	-	\$ 73,467.75	\$ 80,531.68	\$ 87,948.80	\$ 95,736.78	\$ 103,914.16
Flujo de caja neto	\$(280,000.00)	\$(206,532.25)	\$(126,000.57)	(38,051.77)	57,685.01	161,599.17
VAN	\$99,169.72					
TIR	16%					

APÉNDICE G

Tabla G.1 Cálculo de espacios para la distribución de las áreas en la planta [(Elaboración propia)]

	Departamento	Actividad	Equipo	Capacidad [kg/h]	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad	Ss (ESTÁTICA)		Sg (GRAVITACION)		Se (EVOLUCION)		Stotal Ss+Sg+Se
									Volumen	Área	# Lados usados	Área	Coeficiente K	Área	
									m ³	m ²		m ²		m ²	
1	Recepción de Materia Prima	Almacenamiento de la materia prima	Pallets Estándar	Hasta 1500 kg	0.80	1.20	0.01	15.00	0.14	14.40	1.00	14.40	0.15	4.32	33.12
2	Zona de Operaciones Preliminares	Selección, Clasificación, Pelado y Cortado	Mesas	-	1.80	0.80	0.90	2.00	10.37	5.76	2.00	11.52	0.15	2.59	19.87
			Tina Industrial	300-500 kg	1.50	0.70	0.80	1.00	0.84	1.05	2.00	2.10	0.15	0.47	3.62
			Banda Transportadora	100 kg	2.00	0.80	0.80	1.00	1.28	1.60	2.00	3.20	0.15	0.72	5.52
			Peladora	150-300 kg/h	0.90	1.10	1.70	1.00	1.68	0.99	2.00	1.98	0.15	0.45	3.42
			Cortadora	500-800 kg/h	1.60	0.80	0.78	1.00	1.00	1.28	1.00	1.28	0.15	0.38	2.94
3	Zona de Liofilización	Liofilización de materia prima	Liofilizador	300 kg	4.50	2.00	2.55	1.00	22.95	9.00	2.00	18.00	0.15	4.05	31.05
4	Zona de Molienda	Molienda de materia prima liofilizada	Molino Pulverizador	10-30 kg/h	0.55	0.60	1.25	1.00	0.41	0.33	1.00	0.33	0.15	0.10	0.76
		Tamizado de harina	Tamiz	500 kg/h	1.30	0.60	1.60	1.00	1.25	0.78	1.00	0.78	0.15	0.23	1.79
5	Zona de Envasado	Envasado de la harina	Envasadora Doypack	40-60ppm	2.30	9.80	1.40	1.00	31.56	22.54	1.00	22.54	0.15	6.76	51.84
		Detectar partículas metálicas	Detector de Metales	5-25 kg	1.40	0.84	1.05	1.00	1.23	1.18	2.00	2.35	0.15	0.53	4.06
6	Almacenamiento de Producto Terminado	Almacenamiento de Producto Terminado	Pallets Estandar	Hasta 1500 kg	0.80	1.20	0.01	8.00	0.15	15.36	1.00	15.36	0.15	4.61	35.33
7	Zona de Control de Producción	Oficina de Producción	-	4 personas y equipos	2.60	5.30	3.00	1.00	41.34	13.78	1.00	13.78	0.15	4.13	31.69
		Oficina de Calidad	-	3 personas y equipos	2.30	4.60	3.00	1.00	31.74	10.58	1.00	10.58	0.15	3.17	24.33
		Mantenimiento	-	2 personas y equipos	1.90	3.70	3.00	1.00	21.09	7.03	1.00	7.03	0.15	2.11	16.17
8	Baños y Vestidores	Vestidores	Casilleros y Bancas	-	3.00	3.50	3.00	1.00	31.50	10.50	1.00	10.50	0.15	3.15	24.15
		Sanitarios	Baterías y Lavaderos	-	3.00	3.50	3.00	1.00	31.50	10.50	1.00	10.50	0.15	3.15	24.15
9	Oficinas Administrativas	Oficinas	Oficinas administrativas	10 Personas	4.00	8.00	3.00	1.00	96.00	32.00	1.00	32.00	0.15	9.60	73.60
10	Zona de Distribución	-	Camiones tipo N1	Max 7 Ton	5.00	2.60	4.00	2.00	208.00	52.00	1.00	52.00	0.15	15.60	119.60
11	Estacionamientos	-	Vehiculos tipo M1	Max 7 pasajeros	5.00	2.40	4.00	10.00	480.00	120.00	1.00	120.00	0.15	36.00	276.00
															783.02

Figura G.1 Diagrama de proceso con especificaciones, tiempos de proceso y rendimientos por etapa [(Elaboración propia)]

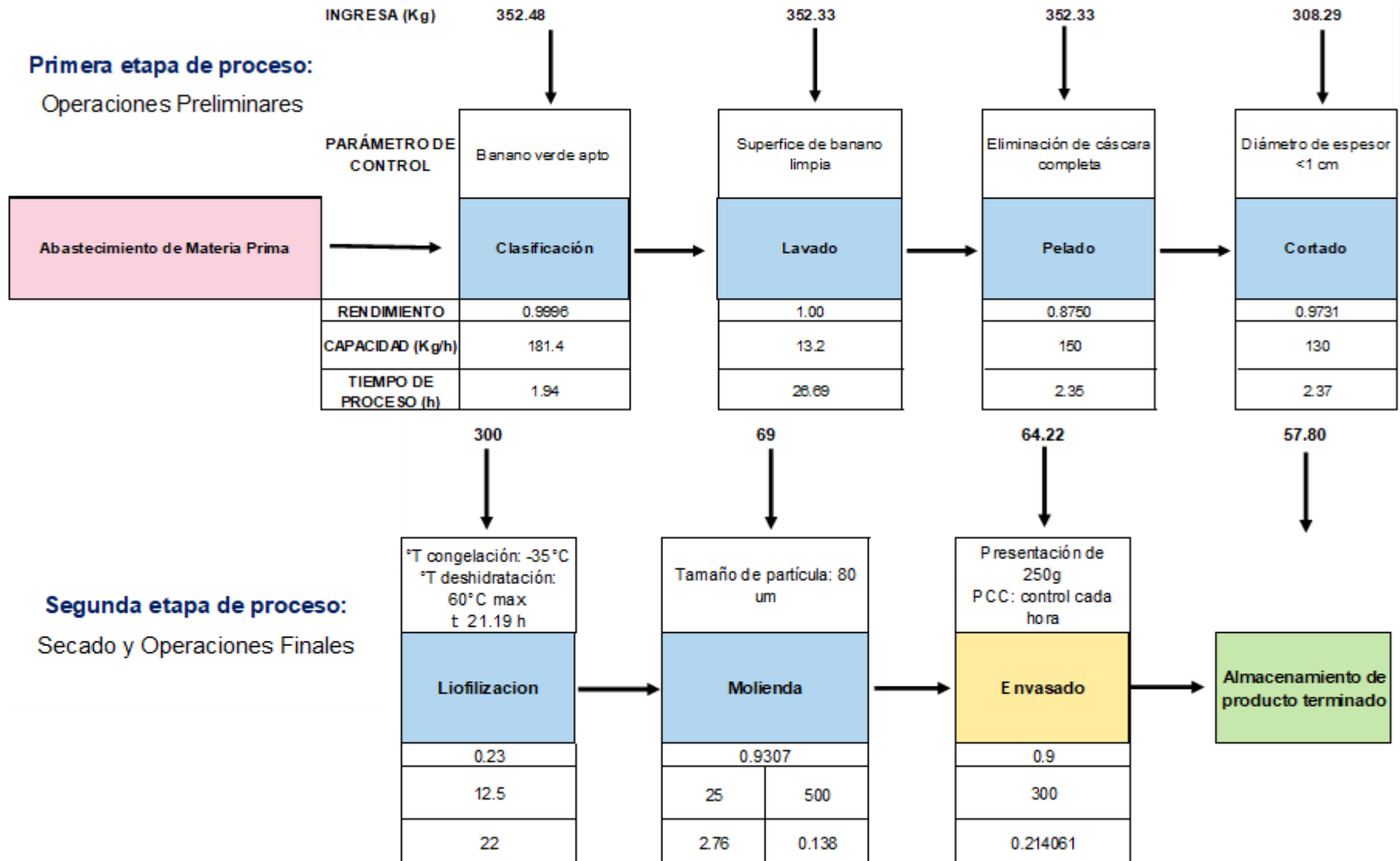


Figura G.2 Diagrama de equipos proceso de secado de harina de banano [(Elaboración propia)]

