

Elaboración del proceso productivo para el aprovechamiento de los subproductos del café

Carlos Andrés Jaramillo Cano

Asesor

Fernando Albeiro Sierra Ávila

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Proyecto aplicado

2024

Resumen

El presente proyecto de grado se centra en la implementación de un proceso productivo destinado al aprovechamiento del mucílago del café, un subproducto abundante en la industria cafetera que suele ser desechado. Este proceso tiene como objetivo principal la transformación del mucílago en productos de valor añadido, contribuyendo así a la sostenibilidad y rentabilidad del sector cafetalero.

Se detallo paso a paso el proceso para extraer y procesar el mucílago, identificando los equipos necesarios y los parámetros clave de operación; dejando definidas a través de un diagrama de flujo cada una de las etapas del proceso, facilitando su comprensión y seguimiento.

Se espera obtener un proceso productivo eficiente y sostenible que permita la utilización óptima del mucílago del café, generando productos con valor agregado y reduciendo el impacto ambiental asociado a su desecho. Asimismo, se espera proporcionar información relevante para la toma de decisiones tanto a nivel empresarial como gubernamental en el ámbito de la industria cafetera.

Palabras claves: Producción, producto, líneas de proceso, café, emprendimiento, contaminación, aprovechamiento, medio ambiente.

Abstract

This degree project focuses on the implementation of a production process aimed at using coffee mucilage, an abundant byproduct in the coffee industry that is usually discarded. This process has as its main objective the transformation of mucilage into value-added products, thus contributing to the sustainability and profitability of the coffee sector.

The process to extract and process the mucilage was detailed step by step, identifying the necessary equipment and key operating parameters; leaving each of the stages of the process defined through a flow diagram, facilitating its understanding and monitoring.

It is expected to obtain an efficient and sustainable production process that allows the optimal use of coffee mucilage, generating products with added value and reducing the environmental impact associated with its waste. Likewise, it is expected to provide relevant information for decision-making at both the business and government levels in the field of the coffee industry.

Keywords: Production, product, process lines, coffee, entrepreneurship, pollution, use, environment.

Tabla de Contenido

Introducción	7
Justificación	9
Figura 1	11
Árbol de Problemas	11
Figura 2	12
Árbol de Objetivos	12
Planteamiento del Problema	13
Antecedentes	14
Pregunta de Investigación	16
Sub-pregunta de Investigación	16
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17
Marco Referencial	18
Marco Teórico	20
Marco Conceptual	23
Fundamentos teóricos	23
Marco Legal	26
Descripción Detallada del Proceso de Aprovechamiento del Mucílago de Café	30
Figura 3	33
Diagrama de Flujo del Proceso de Producción del Mucilago del Café	33
Diseño y Distribución de Planta	34

Figura 4	35
Diseño de Planta	35
Estudio de Tiempos.....	36
Tabla 1.....	36
Estudio de tiempo.....	36
Figura 5	38
Cursograma Analítico del Proceso	38
Conclusiones.....	39
Recomendaciones	41
Bibliografía	43

Lista de Apéndices

Apéndice A Árbol de problemas.....	44
Apéndice B Árbol de objetivos.....	45
Apéndice C <i>Diagrama de Flujo del Proceso de Producción del Mucilago del Café</i>	46
Apéndice D Cursograma analítico del proceso.....	47
Apéndice E Diseño de planta.....	48

Introducción

La implementación de un proceso productivo para aprovechar el mucílago del café demuestra ser una estrategia viable y beneficiosa para la industria cafetera. Este enfoque no solo maximiza el uso de los recursos disponibles, sino que también promueve la sostenibilidad y la innovación dentro del sector. Al transformar un subproducto en una fuente de valor, se abre la puerta a nuevas oportunidades económicas y ambientales, fortaleciendo así la cadena de producción del café.

El tema central de este trabajo es la implementación de un proceso productivo para aprovechar el mucílago del café. Este subproducto, aunque abundante en la industria cafetera, suele ser desechado o subutilizado, representando una oportunidad perdida tanto desde el punto de vista económico como ambiental. La importancia de este trabajo radica en la necesidad de encontrar alternativas sostenibles y rentables para la gestión de los residuos generados en la producción de café, así como en el potencial para agregar valor a la cadena de suministro cafetera mediante la creación de productos derivados del mucílago.

Este trabajo está concebido como un proyecto de investigación aplicado, orientado a la implementación práctica de un proceso productivo específico. Se adopta un enfoque metodológico que combina la revisión bibliográfica, el análisis experimental y la aplicación de conocimientos técnicos y tecnológicos relevantes en el campo de la industria alimentaria. Además, se pretende integrar aspectos económicos, ambientales y sociales en la evaluación y desarrollo del proceso, con el objetivo de garantizar su viabilidad integral y su contribución al desarrollo sostenible.

El método empleado en el proyecto se basa en una serie de etapas interrelacionadas que incluyen la investigación bibliográfica para comprender el contexto y las características del

mucílago del café, el diseño y la planificación del proceso productivo, además de la realización de pruebas experimentales para validar su viabilidad técnica y la evaluación de aspectos económicos y ambientales mediante herramientas de análisis específicas. Se utilizará un enfoque participativo que involucre a actores relevantes de la industria cafetera y se aplicarán técnicas de gestión de proyectos para garantizar la eficiencia y efectividad en la implementación del proceso.

En resumen, este trabajo tiene como objetivo fundamental la implementación de un proceso productivo innovador para aprovechar el mucílago del café, abordando así tanto la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos de la industria como la oportunidad de generar productos de alto valor añadido. Mediante un enfoque metodológico riguroso y multidisciplinario, se busca contribuir al desarrollo sostenible del sector cafetalero y promover prácticas más responsables y eficientes en la producción de café a nivel mundial.

Justificación

La implementación de un proceso productivo claro y definido para el aprovechamiento del mucílago del café conlleva una serie de beneficios significativos, tanto para los actores involucrados en la industria cafetera como para el medio ambiente. Estos beneficios se sustentan en la creación de valor agregado, la mejora de la sostenibilidad y la generación de oportunidades económicas. A continuación, se detallan los principales beneficios de contar con un proceso productivo del mucílago claro y definido:

Reducción de los costos operativos, reducción de los tiempos muertos, productos de mayor calidad, reducción de esfuerzos y fatiga humana.

Etapas del proceso claras y definidas, aumento del rendimiento y productividad del proceso de producción.

Utilización efectiva del espacio disponible según la necesidad, disminución de las distancias a recorrer por los materiales, herramientas y trabajadores

Aprovechamiento integral de los recursos, la implementación de un proceso productivo definido permitirá aprovechar de manera integral el mucílago del café, transformándolo en productos de valor añadido en lugar de desecharlo como un residuo.

Diversificación de la oferta de productos, al contar con un proceso productivo claro y definido, se abrirán nuevas posibilidades para la diversificación de la oferta de productos derivados del café. Desde bioplásticos y biocombustibles hasta alimentos funcionales y cosméticos, la variedad de productos potenciales generará oportunidades comerciales adicionales y ampliará el alcance de la industria cafetera en diversos mercados.

Reducción del impacto ambiental, al evitar el desecho indiscriminado del mucílago del café, se reducirá el impacto ambiental asociado a su disposición. En lugar de contaminar suelos y

cuerpos de agua, se transformará en productos útiles y, en algunos casos, incluso se utilizará como un recurso renovable para la generación de energía, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y la conservación de los recursos naturales.

En conclusión, la implementación de un proceso productivo claro y definido para el aprovechamiento del mucílago del café no solo generará beneficios económicos tangibles, sino que también promoverá la sostenibilidad ambiental, la innovación y el desarrollo social en el sector cafetero. Es una oportunidad única para transformar un subproducto en una fuente de valor añadido, impulsando así la competitividad y la resiliencia de la industria cafetera.

Figura 1

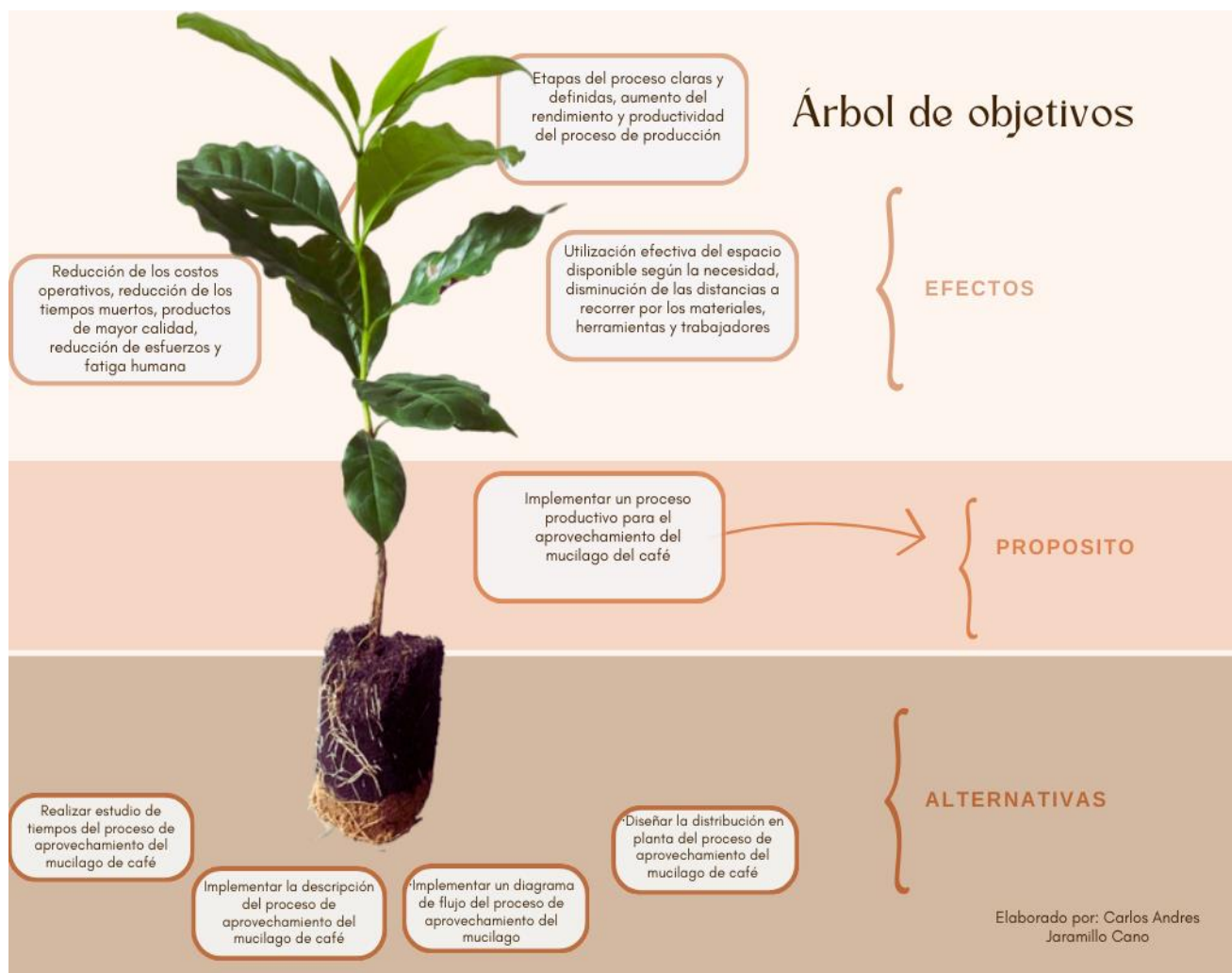
Árbol de Problemas



Nota. Esta figura muestra el análisis del problema identificado. *Fuente.* Autoría propia

Figura 2

Árbol de Objetivos



Nota. Esta figura muestra el análisis de los objetivos del proyecto. *Fuente.* Autoría propia

Planteamiento del Problema

La industria cafetera enfrenta numerosos desafíos, entre los cuales destaca la falta de un proceso estandarizado para el aprovechamiento del mucílago del café, un subproducto ampliamente subutilizado. Esta carencia representa una falencia significativa que limita tanto la rentabilidad como la sostenibilidad del sector.

El mucílago del café, una capa viscosa que rodea los granos de café durante el proceso de beneficio, es una fuente potencial de valor añadido. Sin embargo, la falta de un proceso productivo estandarizado para su aprovechamiento conlleva una serie de problemas:

Falta de estandarización y descripción del proceso, esto conlleva a tener altos costos operativos, reprocesos operativos y de productos, aumento de tiempos muertos, mayores esfuerzos y fatiga humana.

Deficiencia en distribución de planta productiva, congestión y deficiente utilización del espacio, acumulación excesiva de materiales en proceso, excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo

Oportunidades comerciales desaprovechadas, el mucílago del café posee un potencial considerable para la creación de productos de valor añadido, como biocombustibles, fertilizantes orgánicos, alimentos funcionales o productos farmacéuticos. Sin embargo, la ausencia de un proceso estandarizado limita el desarrollo y la comercialización de estos productos.

Falta de Competitividad, en un mercado cafetalero cada vez más competitivo, la falta de un proceso estandarizado para el aprovechamiento del mucílago del café puede afectar la competitividad de las plantaciones y las empresas cafeteras.

Contaminante ambiental, al no tener una buena disposición se convierte en un gran contaminante ambiental.

Antecedentes

El mucílago del café ha sido un componente natural del proceso de producción de café durante siglos. El café es una planta que produce frutos conocidos como cerezas de café, y cada una de estas cerezas contiene granos de café rodeados por una capa viscosa y gelatinosa llamada mucílago. Este mucílago es una sustancia rica en azúcares, polisacáridos y otros compuestos orgánicos.

Los agricultores de café han estado procesando los granos de café durante generaciones, y el manejo del mucílago ha sido una parte integral de este proceso. Inicialmente, el mucílago se consideraba un subproducto que se desechaba o se utilizaba como fertilizante en los campos de café.

Sin embargo, con el tiempo, se ha reconocido el potencial del mucílago de café para ser aprovechado de diversas maneras. Se han llevado a cabo investigaciones sobre sus propiedades químicas y sus posibles aplicaciones en diferentes industrias, como la alimentaria, la farmacéutica y la cosmética.

Los antecedentes del mucílago del café están relacionados con el desarrollo de métodos de procesamiento del café y el interés en encontrar formas de agregar valor a los subproductos de esta industria. A medida que la conciencia sobre la sostenibilidad y la reducción de desperdicios ha aumentado en las últimas décadas, el mucílago de café ha recibido más atención como un recurso valioso que puede ser utilizado de manera más efectiva en lugar de ser simplemente un subproducto desechado.

En la actualidad, se están explorando diferentes formas de aprovechar el mucílago de café, desde la producción de biogás y compostaje hasta la extracción de compuestos bioactivos para su uso en diversas industrias. Estos esfuerzos reflejan una tendencia hacia una mayor

innovación y sostenibilidad en la industria cafetera, donde se busca maximizar el valor de cada componente del proceso de producción del café.

Pregunta de Investigación

¿Cómo implementar un proceso productivo para transformar el mucilago de café?

Sub-pregunta de Investigación

¿Para qué sirve los subproductos del mucilago de café?

Objetivos

Objetivo General

Implementar un proceso productivo para el aprovechamiento del mucílago del café.

Objetivos Específicos

Describir detalladamente cada etapa del proceso de aprovechamiento del mucílago de café, incluyendo las técnicas y métodos utilizados.

Crear un diagrama de flujo que visualice cada paso del proceso de aprovechamiento del mucílago de café, desde la recolección hasta el producto final.

Diseñar y optimizar la distribución en planta del proceso productivo, asegurando un flujo eficiente de materiales y recursos.

Llevar a cabo un estudio de tiempos para cada etapa del proceso, identificando áreas de mejora y aumentando la eficiencia del mismo.

Marco Referencial

En este apartado se detalla las investigaciones previas que se han llevado a cabo sobre la elaboración de un proceso productivo para el aprovechamiento del mucilago del café.

El proceso desarrollado por los inventores Jaramillo, JC y Ramírez, A, se aprovechan los co-productos del café para producir proteínas, polifenoles, vitaminas y minerales, transformándolos en miel y/o harina. Esto no solo evita la contaminación ambiental al reducir los desechos, sino que también permite la creación de productos para consumo humano, animal, medicamentos, cosméticos y biocombustibles como el etanol. Esta innovación destaca el potencial de la investigación para abordar desafíos industriales y promover prácticas sostenibles.

El trabajo realizado por Jaramillo, JC y Ramírez, A demuestra el potencial transformador de la investigación y la innovación en la industria alimentaria, ofreciendo soluciones viables y sostenibles para los desafíos actuales relacionados con la producción y el aprovechamiento de los co-productos del café (Jaramillo Lopez & Ramirez, 2011).

Los estudios en fincas cafeteras de Andes y Antioquia, muestran altos niveles de contaminación debido a la pulpa de café desechada. Aunque los caficultores la convierten mayormente en abono, carecen de conocimiento sobre otros usos posibles. Investigaciones sugieren diversas estrategias para transformar la pulpa en productos de valor agregado, pero se necesitan más recursos y educación para su implementación efectiva. (Restrepo Montoya, 2020)

El proyecto de una planta de etanol a partir de mucílago de café en San Martín, Moyobamba, se muestra como una inversión viable, el estudio de mercado revela una demanda insatisfecha, y el análisis económico indica un Valor Actual Neto positivo, Tasa Interna de Retorno del 28%, y una recuperación de la inversión en 2 años, 9 meses y 19 días. (Perez Vela, 2023, pág. 12)

Estudiantes de la Universidad de los Andes investigaron el uso del mucílago de café como materia prima para la producción de destilados. Tras diversos procesos fermentativos y de

destilación, se determinó que el destilado resultante de la fermentación anaerobia previa con cerezas es el más prometedor, según pruebas de lengua electrónica y catas. Este hallazgo sugiere un potencial para agregar valor al subproducto del café en el mercado de bebidas alcohólicas.

(Urán Mesa, 2022)

Marco Teórico

La ingeniería industrial es una disciplina que se enfoca en el diseño, mejora e implementación de sistemas integrados que incluyen personas, materiales, información, equipos y energía. Su objetivo principal es la optimización de procesos productivos, lo que implica maximizar la eficiencia y eficacia de los recursos disponibles.

Para lograrlo, los ingenieros industriales emplean diversas técnicas y herramientas como el análisis de procesos, el diseño de diagramas de flujo, y el estudio de tiempos y movimientos, entre otros. Estas técnicas permiten identificar y eliminar ineficiencias, mejorar la calidad del producto y reducir costos, contribuyendo así al desarrollo sostenible de las organizaciones.

El análisis de procesos es una técnica fundamental en la ingeniería industrial, utilizada para examinar cada paso de un proceso productivo con el fin de identificar áreas de mejora. Este análisis es crucial para detectar cuellos de botella, redundancias y actividades que no añaden valor, lo que facilita la simplificación y optimización del flujo de trabajo. Entre las herramientas utilizadas para llevar a cabo un análisis de procesos efectivo, destacan los diagramas de flujo y los diagramas de actividades, que permiten una comprensión visual del proceso y una identificación precisa de los puntos críticos.

Los diagramas de flujo son representaciones gráficas que muestran la secuencia de pasos de un proceso utilizando símbolos estandarizados. Estos diagramas son esenciales para la visualización del flujo de actividades dentro de un proceso productivo, ya que permiten identificar claramente los puntos de decisión, los flujos paralelos y las interacciones entre diferentes partes del proceso. La claridad que ofrecen los diagramas de flujo facilita la detección de problemas y áreas de mejora, lo que es crucial para la optimización del proceso.

Los diagramas de flujo se construyen utilizando una variedad de símbolos, como rectángulos para representar actividades, diamantes para decisiones, y flechas para indicar el flujo de control. Esta representación visual clara no solo ayuda en la planificación y documentación de procesos, sino que también es fundamental para la comunicación efectiva dentro de la organización.

El estudio de tiempos y movimientos es otra técnica clave en la ingeniería industrial, centrada en la mejora de los métodos de trabajo. Esta técnica involucra el análisis detallado de las actividades que componen un proceso productivo con el objetivo de aumentar la eficiencia y reducir el desperdicio de recursos.

El estudio de tiempos implica el uso de cronómetros y técnicas de observación para medir con precisión la duración de cada actividad. Paralelamente, el estudio de movimientos se basa en principios de ergonomía para optimizar los movimientos del personal, minimizando esfuerzos innecesarios y reduciendo la fatiga. La combinación de ambos estudios permite desarrollar métodos de trabajo más eficientes que no solo incrementan la productividad, sino que también mejoran la seguridad y bienestar de los trabajadores.

para estandarizar y optimizar un proceso productivo, es fundamental seguir una ruta sistemática que abarca varias etapas clave. La primera etapa implica una investigación exhaustiva y recolección de datos detallados sobre el proceso, lo que permite comprender las características y necesidades específicas del mismo. Posteriormente, la redacción de una descripción detallada del proceso proporciona una guía clara para las etapas siguientes.

La creación de un diagrama de flujo es un paso esencial en este proceso, ya que permite visualizar de manera clara y estructurada las etapas del flujo de trabajo. Esta visualización

facilita la identificación de puntos críticos y la optimización del proceso, asegurando que cada paso esté alineado con los objetivos de eficiencia y eficacia del sistema productivo.

Marco Conceptual

Los subproductos del café, como el mucílago, a menudo se descartan o se utilizan de manera limitada, lo que puede causar contaminación y desperdicio. Es crucial encontrar alternativas sostenibles para su aprovechamiento.

El propósito de este marco conceptual es proporcionar una visión completa de los desafíos y oportunidades relacionados con el aprovechamiento del mucílago del café, con el objetivo de informar futuras acciones para promover la sostenibilidad en la industria cafetera.

Evolución histórica y estado actual de la industria cafetera:

A lo largo del tiempo, la producción de café ha aumentado, generando una cantidad significativa de subproductos como el mucílago. Estos subproductos han sido tradicionalmente desechados o utilizados de manera limitada. En la actualidad, la industria cafetera enfrenta desafíos para gestionar eficazmente el mucílago del café debido a su acumulación y a la falta de infraestructura adecuada.

Fundamentos teóricos

Conceptos fundamentales del mucílago del café

El mucílago del café es un subproducto que representa una parte significativa del fruto del café. Su composición química incluye una variedad de compuestos, como azúcares, ácidos orgánicos y polifenoles, que le confieren propiedades únicas. Además, el mucílago del café posee propiedades físicas destacables, como alta viscosidad y capacidad de retención de agua, lo que lo hace higroscópico y susceptible a cambios ambientales. Estas características lo hacen potencialmente útil para una variedad de aplicaciones industriales.

Revisión de la literatura sobre métodos de aprovechamiento

La investigación existente aborda métodos como fermentación, extracción y secado para aprovechar el mucílago del café. Se enfoca en optimizar estos procesos para obtener productos de alta calidad y explorar nuevas oportunidades de mercado.

Oportunidades comerciales y potencial de innovación

Alimentos y bebidas: El mucílago del café puede ser utilizado como ingrediente en la formulación de productos alimenticios y bebidas, como barras energéticas, batidos, y bebidas funcionales, aprovechando sus propiedades nutricionales y antioxidantes.

Cosméticos: Debido a sus propiedades hidratantes y antioxidantes, el mucílago del café puede ser utilizado en la formulación de productos cosméticos, como cremas hidratantes, mascarillas faciales y exfoliantes, ofreciendo beneficios para la piel.

Farmacéutica: Se están explorando aplicaciones del mucílago del café en la industria farmacéutica, como excipientes en la formulación de tabletas y cápsulas, y en la encapsulación de compuestos bioactivos para la liberación controlada de fármacos.

Valor añadido y beneficios

Económicos: Generación de nuevas fuentes de ingresos para productores y empresas, aumentando su rentabilidad.

Sociales: Creación de empleo en comunidades cafeteras, promoviendo el desarrollo económico local.

Medioambientales: Reducción de residuos y del impacto ambiental de la industria cafetera, contribuyendo a la sostenibilidad y reduciendo la presión sobre los ecosistemas naturales.

El aprovechamiento del mucílago del café ofrece beneficios económicos, sociales y medioambientales en diversas industrias.

Recomendaciones para futuras investigaciones y acciones

Optimizar procesos de extracción y transformación.

Explorar nuevas aplicaciones y oportunidades de mercado.

Promover colaboración entre actores de la cadena de suministro del café.

Educar y sensibilizar sobre los beneficios del aprovechamiento del mucílago del café.

Marco Legal

En Colombia, los procesos productivos están regulados por un conjunto de normativas que aseguran la seguridad laboral, la protección ambiental, la calidad de los productos y la gestión eficiente de los recursos. Estas normativas están alineadas con estándares internacionales y buscan promover prácticas sostenibles y responsables en la industria.

Norma Técnica Colombiana (NTC) ISO 9001

La NTC ISO 9001 establece los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad, ayudando a las organizaciones a asegurar que sus productos y servicios cumplen con las expectativas del cliente y las regulaciones aplicables. Incluye principios como el enfoque al cliente, la mejora continua y la toma de decisiones basada en evidencia.

Decreto 1412 de 2018

El Decreto 1412 de 2018 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia establece los requisitos sanitarios para la fabricación y comercialización de alimentos, bebidas y suplementos dietarios, con el objetivo de garantizar la inocuidad y calidad de estos productos para la protección de la salud pública.

Puntos Clave

Registro Sanitario: Obligatoriedad de obtener registro sanitario para alimentos, bebidas y suplementos dietarios antes de su comercialización.

Etiquetado: Normas claras para el etiquetado de productos, incluyendo información sobre ingredientes, fecha de vencimiento y advertencias sanitarias.

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM): Exigencia de aplicar BPM en la producción y manipulación de alimentos para asegurar su calidad e inocuidad.

Control y Vigilancia: Establece procedimientos para la inspección, vigilancia y control por parte de las autoridades sanitarias para asegurar el cumplimiento de las normas.

El Decreto 1686 de 2012

El Decreto 1686 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia establece las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la fabricación de productos farmacéuticos de uso humano, garantizando la calidad, seguridad y eficacia de estos productos.

Puntos Clave

Implementación de BPM: Obligatoriedad de aplicar las BPM en todas las etapas de la producción de medicamentos.

Control de Calidad: Requisitos estrictos para el control de calidad durante y después de la fabricación.

Validación y Calificación: Necesidad de validar procesos y calificar equipos y sistemas críticos.

Documentación: Requisitos detallados para la documentación de procesos, procedimientos y controles.

Capacitación del Personal: Obligación de capacitar continuamente al personal en BPM y otros aspectos técnicos.

Resolución 2674 de 2013

La Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia establece los requisitos sanitarios que deben cumplir las empresas que procesan, fabrican, envasan, almacenan, transportan y expenden alimentos. Su objetivo es garantizar la inocuidad y calidad de los productos alimenticios para proteger la salud pública.

Puntos Clave

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM): Implementación obligatoria de BPM en todas las etapas de la cadena de producción de alimentos.

Registro Sanitario: Requisito de obtención de registro sanitario para productos alimenticios, asegurando su cumplimiento con las normativas.

Control y Vigilancia: Establece mecanismos de control y vigilancia por parte de autoridades sanitarias para asegurar el cumplimiento de los requisitos.

Capacitación: Obligación de capacitar al personal en higiene y manipulación de alimentos.

Norma HACCP

La norma HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) establece los requisitos para identificar, evaluar y controlar peligros en la producción de alimentos, garantizando su inocuidad y seguridad desde la producción hasta el consumo.

Seguridad y Salud en el Trabajo

Ley 1562 de 2012: Reforma el Sistema General de Riesgos Laborales, estableciendo medidas para la prevención de accidentes y enfermedades laborales.

Decreto 1072 de 2015: Compila normas sobre seguridad y salud en el trabajo, incluyendo la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Protección Ambiental

Ley 99 de 1993: Crea el Ministerio de Medio Ambiente y establece principios para la protección ambiental.

Decreto 1076 de 2015: Compila normas sobre la gestión ambiental, incluyendo control de emisiones y manejo de residuos.

Ley 1480 de 2011 (Estatuto del Consumidor): Regula la protección al consumidor, asegurando la calidad y seguridad de los productos.

Gestión de Riesgos

ISO 31000: Normativa internacional adoptada para la gestión de riesgos, aplicable a todos los sectores industriales.

Descripción Detallada del Proceso de Aprovechamiento del Mucílago de Café

Separación inicial del mucílago y la cáscara:

En el beneficiadero de café ubicado en una finca de Salgar, Antioquia, el mucílago producido en el desmucilagador es transportado mediante un tornillo sinfín, junto con la cáscara del café.

Este material mixto se conduce a un separador centrífugo equipado con un tamiz de malla de 2 mm de diámetro. En este punto, se realiza la separación de la cáscara y el mucílago.

El mucílago separado cae por gravedad en tanques plásticos de almacenamiento con una capacidad de 1000 litros, mientras que la cáscara es conducida a una fosa destinada para su disposición.

Separación por flotación natural:

En los tanques de almacenamiento de 1000 litros, se lleva a cabo una separación por flotación natural de los sólidos suspendidos, comúnmente denominados "cachaza" en el sector cafetero. Este proceso dura aproximadamente 6 horas.

Extracción del mucílago líquido:

Una vez completado el proceso de flotación, se extrae la parte líquida del mucílago utilizando una bomba sumergible y se transfiere a los tanques de procesamiento.

Recepción del mucílago en planta de café.

Descarga y verificación:

El mucílago se descarga por gravedad a través de un tamiz con malla de 2 mm y se transfiere mediante una bomba sumergible a los tanques de almacenamiento en la planta, donde se verifica la cantidad recibida.

Refinación del mucílago de café

El mucílago se transporta a través de tuberías de acero inoxidable y una bomba centrífuga hacia el equipo de refinación.

La refinación se realiza en tres etapas mediante tamices con mallas de 1.0 mm, 0.5 mm y 0.2 mm, respectivamente.

Calentamiento del mucilago de café

Una vez refinado el producto es almacenado en unos tanques de almacenamiento, en los cuales el mucilago va calentando para ayudarlo a ganar tiempo al proceso de evaporación.

Evaporación al vacío del mucilago refinado

El mucílago refinado es transportado a los evaporadores utilizando vacío generado en el equipo.

El proceso de evaporación al vacío se realiza bajo condiciones controladas de temperatura (60-70°C) y presión (20-25" Hg), con un tiempo estimado de evaporación de al menos 12 horas.

El producto final de este proceso es un concentrado de mucílago de café con un contenido de sólidos solubles (Brix) de 64 +/-1.

Empaque del concentrado del mucilago de café.

El concentrado de mucílago de café se envasa en bolsas plásticas dentro de tambores plásticos, con un peso neto de 24 kg por tambor.

El producto se envasa a una temperatura de entre 50°C y 60°C, manteniendo el contenido de sólidos solubles (Brix) en 64 +/-1.

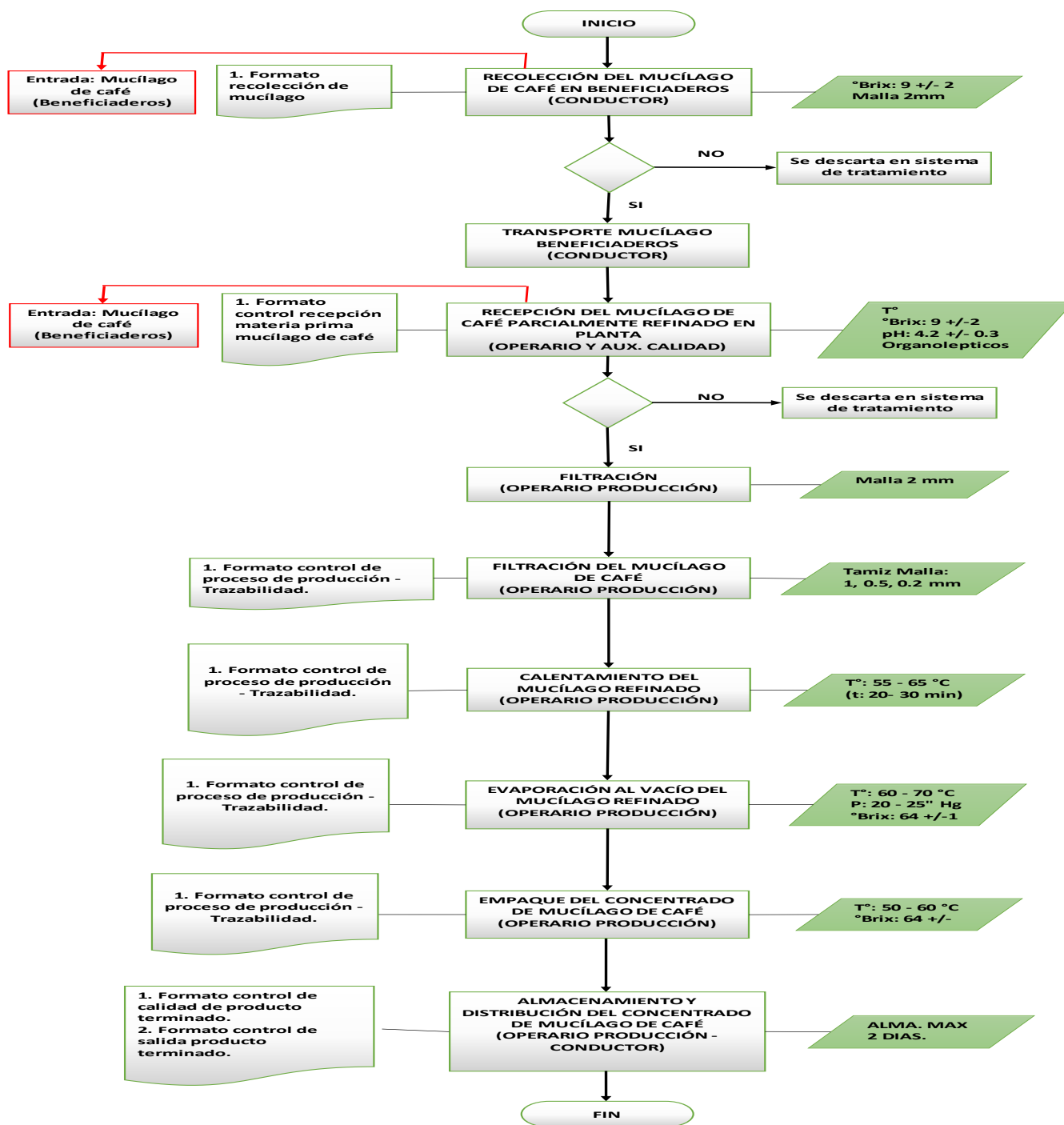
Almacenamiento y distribución del concentrado de mucílago de café

El producto se almacena en estibas plásticas de acuerdo con la producción diaria.

Posteriormente, se transporta a la planta de productos terminados con valor agregado en un vehículo certificado para el transporte de alimentos.

Figura 3

Diagrama de Flujo del Proceso de Producción del Mucilago del Café.



Nota. Esta figura muestra las etapas del proceso productivo del mucilago del café.

Fuente. Autoría propia.

Diseño y Distribución de Planta

Se presenta una propuesta de diseño de planta que contempla todas las etapas del proceso, desde la recepción del mucílago hasta su transformación en productos de valor agregado. Este diseño se basa en principios de ingeniería industrial y buenas prácticas de manufactura, asegurando una operación eficiente y sostenible.

Área de la bodega

18 metro de ancho x 30 metros de largo x 20 metros de alto.

Equipos y maquinaria

1 caldera de vapor

2 evaporadores

2 tanques de recepción de 5000 litros

6 tanques de calentamiento

1 refinadora de tres niveles (0,5 – 1 – 2 mm)

1 tanque de CIP

Equipos y utensilios

Estudio de Tiempos

Tabla 1
Estudio de tiempo

Etapa	T1	T2	T3	T4	T. Promedió	T. Valoració n	T. Básico	Tipo	Observación
Despulpado de la cereza del café	300	330	360	330	330	1,00	330	330,14	El equipo de despulpado procesa 8,33 Kg/minuto
Separación por Flotación Natural	360	360	360	360	360	1,00	360	360,14	La separación por flotación es de 6 horas (360 minutos)
Extracción del Mucilago Líquido	10,3	10,5	10,8	11	10,65	1,00	10,7	10,79	La extracción del mucilago se realiza a través de una bomba sumergible
Recepción del mucilago de café en planta	15,8	16,5	17,5	16,8	16,65	1,00	16,7	16,79	En la recepción se valida los grados brix y análisis organolépticos
Refinación del Mucilago de Café	120	120	120	120	120	1,00	120,0	120,14	El equipo tiene una capacidad de 5 l/minuto
Calentamiento del mucilago decafé	20	20	20	20	20	1,00	20,00	20,14	El mucilago es calentado por 20 minutos antes de enviarse a los evaporadores

Evaporación al vacío del mucílago refinado	90	85	95	100	92,5	1,00	92,50	92,64	El equipo evapora 5 litros por minuto
Empaque del Concentrado de Mucílago de Café	1,25	1,5	1,3	1,35	1,35	1,00	1,35	1,49	Empacar una bolsa de 20 Kgse demora 1 minuto 49 segundos
Almacenamiento del Concentrado de Mucílago de Café	3,5	3,2	3,5	3,4	3,4	1,00	3,40	3,54	Se empaca la bolsa en una caja de cartón, se codifica y se almacena en 3 minutos 54 segundos

Nota. Esta tabla muestra la toma de tiempos realizada al proceso productivo del mucílago del café, *Fuente.* Autoría propia.

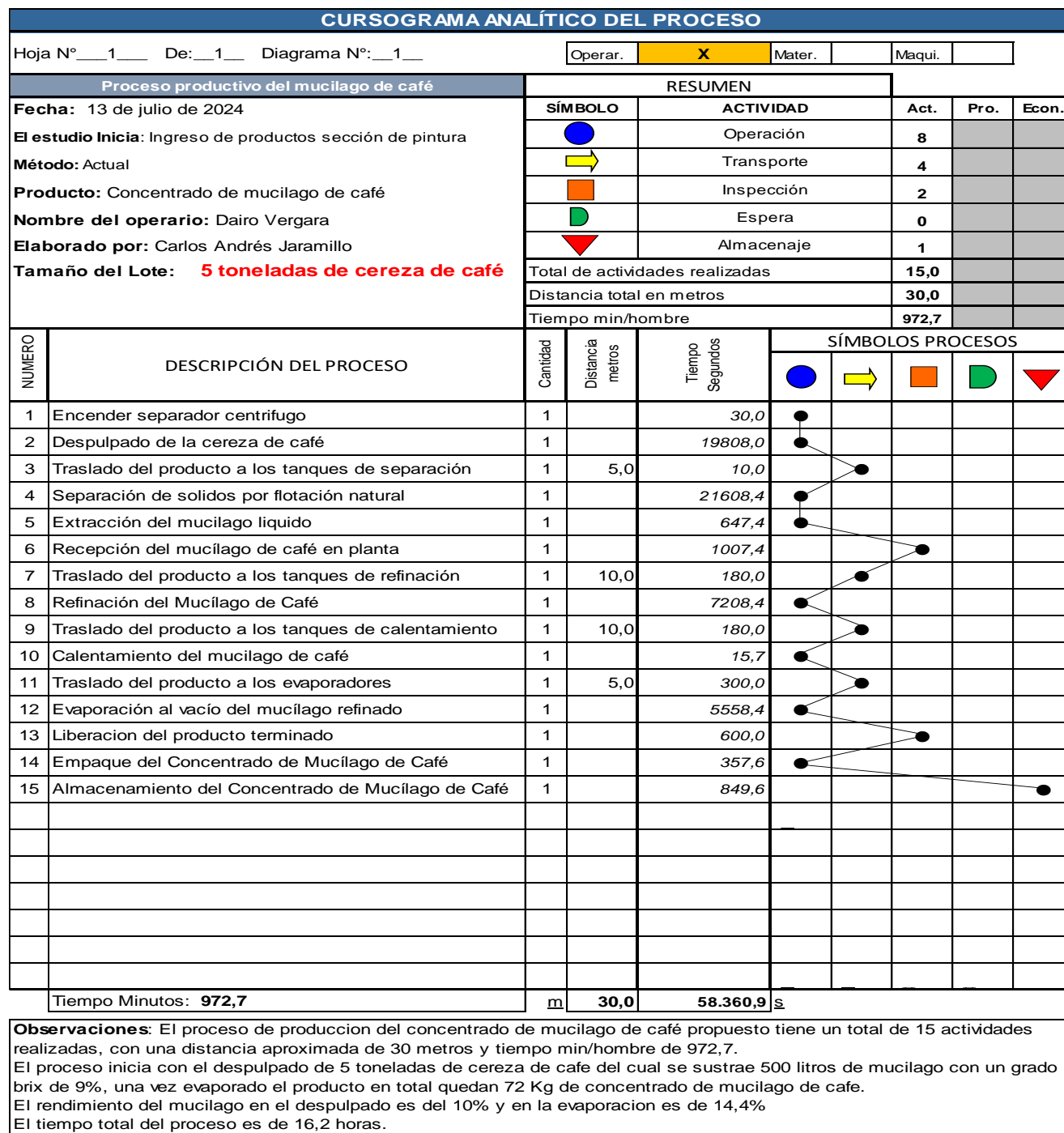
Proceso: producción del mucílago del café

Cantidad a procesar: 5000 Kg de cereza de café

Herramientas de Medición: Cronometro, lapicero, libreta y computador.

Figura 5

Cursograma Analítico del Proceso



Nota. Esta figura muestra el estudio de tiempos realizado a cada una de las etapas del proceso productivo del mucilago del café. *Fuente.* Autoría propia.

Conclusiones

A lo largo del proyecto, se logró implementar un proceso productivo eficiente y sostenible para el aprovechamiento del mucílago de café. Este proceso no solo permitió la valorización de un subproducto agrícola que tradicionalmente se considera un residuo, sino que también abrió nuevas oportunidades para la generación de productos de valor añadido, contribuyendo al desarrollo económico y a la sostenibilidad ambiental de las regiones cafetaleras.

Se documentaron y describieron minuciosamente todas las etapas del proceso de aprovechamiento del mucílago de café, desde la recolección inicial hasta la obtención del producto final. Esta descripción incluyó una identificación precisa de las técnicas y métodos más apropiados, lo que facilitó la estandarización y permitió asegurar la calidad y consistencia del proceso en su conjunto.

La creación de un diagrama de flujo detallado proporcionó una visualización clara y estructurada de cada paso del proceso productivo. Este diagrama resultó fundamental para comprender y comunicar las interacciones entre las diferentes etapas del proceso, permitiendo identificar posibles cuellos de botella y áreas de optimización. Además, sirvió como una herramienta crucial para la planificación, formación del personal y toma de decisiones estratégicas.

El diseño y la optimización de la distribución en planta fueron elementos clave para garantizar un flujo eficiente de materiales y recursos a lo largo del proceso productivo. A través del análisis del espacio y la implementación de mejoras en el layout, se logró minimizar los tiempos de transporte y manejo de materiales, reducir el desperdicio y mejorar la ergonomía y seguridad en el lugar de trabajo.

La realización de un estudio de tiempos permitió identificar áreas específicas donde el proceso podría ser mejorado en términos de eficiencia. Al analizar detalladamente cada etapa, se implementaron cambios que redujeron los tiempos de ciclo y eliminaron actividades no productivas, lo que resultó en un incremento significativo en la productividad del proceso. Estos ajustes no solo optimizaron el uso de los recursos, sino que también contribuyeron a la sostenibilidad económica del proyecto.

En resumen, el trabajo realizado no solo cumplió con los objetivos propuestos, sino que también demostró el potencial del mucílago de café como un recurso valioso, subrayando la importancia de la innovación en los procesos productivos para fomentar la sostenibilidad y la competitividad en la industria cafetera.

Recomendaciones

Dado que la distancia total cubierta por el proceso es de 30 metros, se recomienda analizar la posibilidad de reconfigurar la distribución en planta para reducir las distancias de transporte entre actividades. Minimizar esta distancia podría reducir el tiempo de traslado y, por lo tanto, disminuir el tiempo total del proceso, lo que aumentaría la eficiencia general.

Con un tiempo total de 16,2 horas, es recomendable realizar un análisis más detallado del flujo de trabajo y los tiempos específicos de cada actividad. Esto podría incluir la identificación de cuellos de botella y la implementación de técnicas como la automatización en etapas clave, lo que podría reducir significativamente el tiempo de procesamiento.

El rendimiento en la etapa de evaporación es del 14,4%, lo que indica que se pierde una cantidad considerable de mucílago durante este proceso. Se recomienda investigar y adoptar tecnologías de evaporación más eficientes o métodos de concentración alternativos que puedan aumentar el rendimiento sin comprometer la calidad del producto final.

Con un rendimiento del 10% en el despulpado, se podría explorar la posibilidad de optimizar las máquinas despulpadoras o ajustar parámetros operativos que maximicen la extracción de mucílago sin afectar la calidad del grano de café. Un incremento en este rendimiento podría tener un impacto significativo en la cantidad total de mucílago disponible para el proceso.

Evaluar la posibilidad de automatizar ciertas actividades que actualmente se realizan manualmente, como el despulpado o el manejo de materiales. La automatización podría reducir el tiempo min/hombre, mejorar la consistencia del proceso y disminuir el riesgo de errores humanos

Realizar un análisis de costos para cada etapa del proceso, incluyendo los costos de energía y mano de obra asociados con la evaporación y el despulpado. Con base en estos datos, se pueden desarrollar estrategias para reducir los costos de producción. Además, se debe evaluar la escalabilidad del proceso para determinar si se pueden manejar volúmenes mayores de materia prima sin que esto comprometa la eficiencia y calidad del proceso.

Implementar un sistema de control de calidad que permita monitorear continuamente el grado Brix del mucílago en las diferentes etapas del proceso, asegurando la consistencia del producto final. Además, el monitoreo continuo de cada actividad puede ayudar a identificar problemas en tiempo real y permitir ajustes rápidos.

Proporcionar capacitación continua al personal encargado del proceso, enfocándose en las mejores prácticas operativas, el uso eficiente de maquinaria y la identificación de áreas de mejora en tiempo real. Un personal bien capacitado es clave para mantener y mejorar la eficiencia del proceso.

Implementar estas recomendaciones puede contribuir a mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar el rendimiento del proceso de producción del concentrado de mucílago de café, asegurando un proceso más competitivo y sostenible en el largo plazo.

Bibliografía

- Álvarez Cerdas, K., Vargas, G., Arias, M. L., y Alfaro, M. (2019). Utilización del mucílago de café como sustrato para la producción de enzimas lignocelulolíticas por un aislamiento bacteriano proveniente de la rizósfera del cultivo de piña en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 186-195.
- Alvarado, J. de D. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Ed. Radio Comunicaciones OEA, Quito, Ecuador
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (s.f.). Aprovechamiento integral del café (Mucílago, Café verde y Café pergamino). Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/documents/2.pdf>
- H. E. Pérez, “Propuesta de aprovechamiento del mucílago de café para la producción de etanol mediante hidrólisis enzimática,” Ingeniero, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2023. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5831>.
- Jaramillo, J.C. Ramírez, A (2011) Proceso para la obtención de miel y/o harina de café a partir de la pulpa o cascara y el mucilago del grano de café. <https://patents.google.com/patent/WO2013088203A1/es>.
- Restrepo Montoya, L y Villa Deossa, G. (2020). Estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café en las fincas cafeteras del municipio de andes, Antioquia. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/773>.
- Urán Mesa, J y Velásquez Alizander, M. (2022). Desarrollo de una bebida espirituosa a partir de mucílago de café. Universidad de los Andes. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/58373>.

Apéndices

Apéndice A

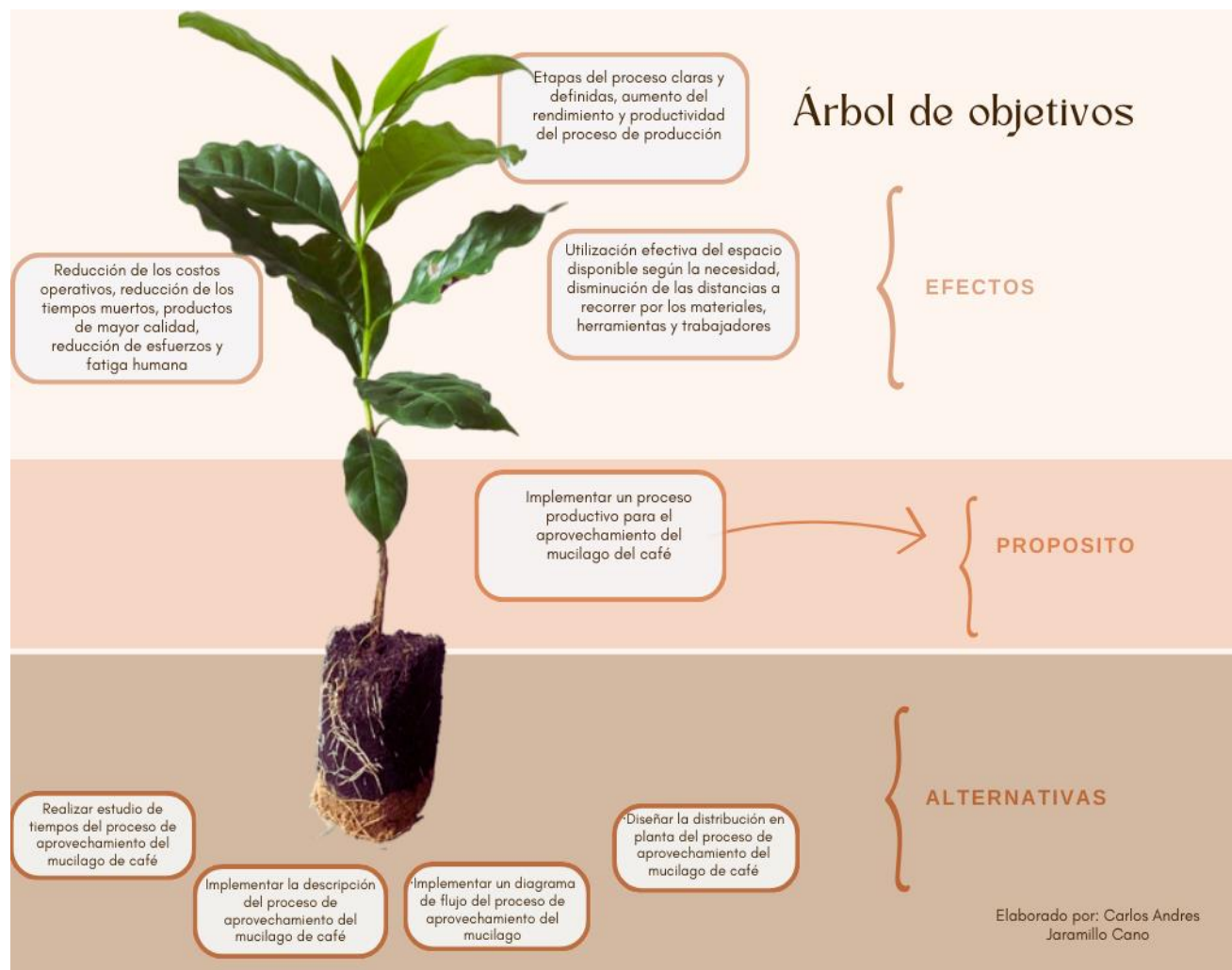
Árbol de problemas



Nota. Esta figura muestra el análisis del problema identificado. *Fuente.* Autoría propia

Apéndice B

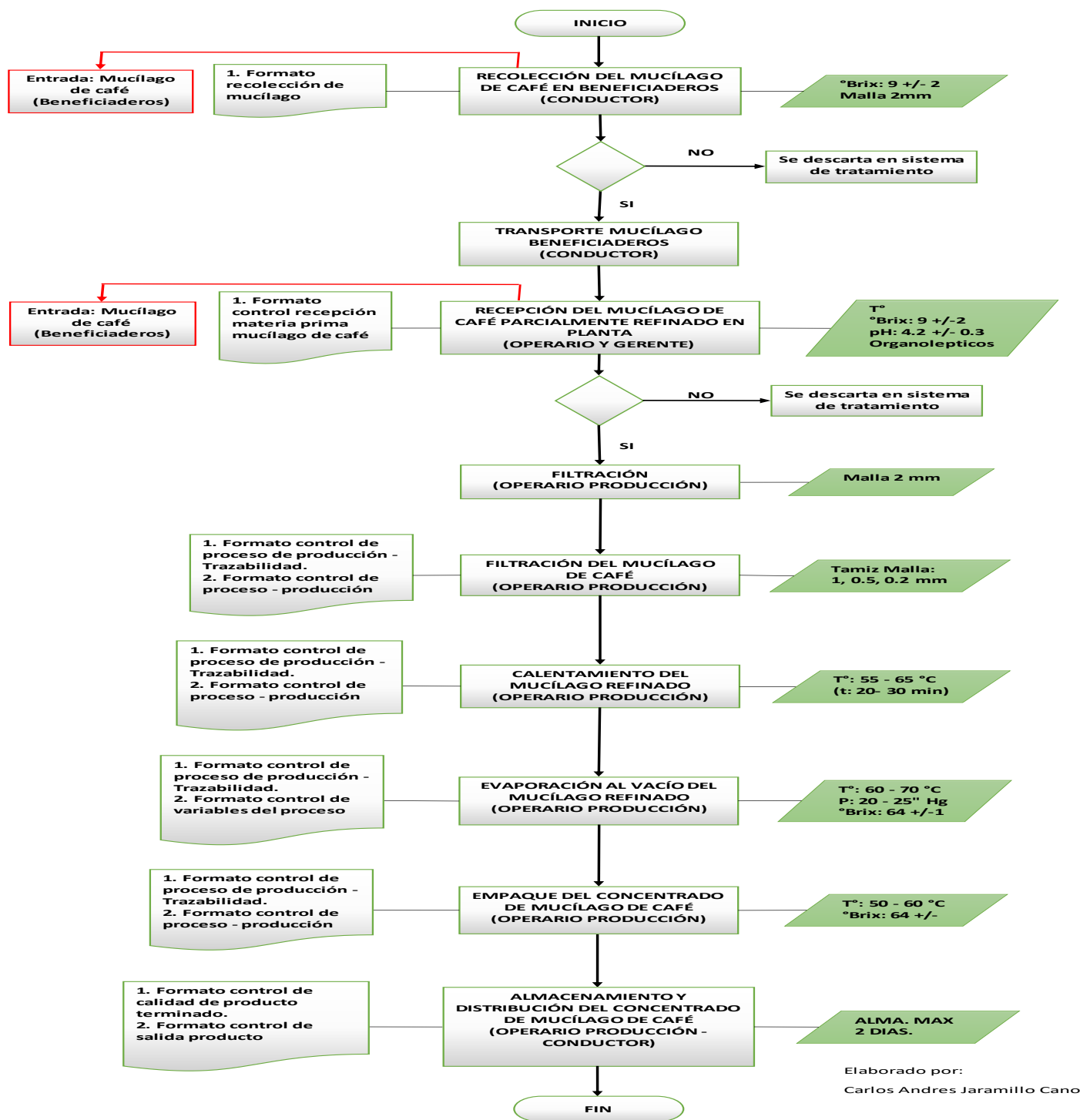
Árbol de objetivos



Nota. Esta figura muestra el análisis de los objetivos del proyecto. *Fuente.* Autoría propia

Apéndice C

Diagrama de Flujo del Proceso de Producción del Mucilago del Café



Nota. Esta figura muestra las etapas del proceso productivo del mucilago del café.

Fuente. Autoría propia.

Apéndice D

Cursograma Analítico del Proceso

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __1__			Operar.	X	Mater.	Maqui.				
Proceso productivo del mucilago de café		RESUMEN								
Fecha: 13 de julio de 2024 El estudio Inicia: Ingreso de productos sección de pintura Método: Actual Producto: Concentrado de mucilago de café Nombre del operario: Dairo Vergara Elaborado por: Carlos Andrés Jaramillo Tamaño del Lote: 5 toneladas de cereza de café		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
			Operación	8						
			Transporte	4						
			Inspección	2						
			Espera	0						
			Almacenaje	1						
		Total de actividades realizadas		15,0						
		Distancia total en metros		30,0						
		Tiempo min/hombre		972,7						
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
1	Encender separador centrifugo	1		30,0	●					
2	Despulpado de la cereza de café	1		19808,0	●					
3	Traslado del producto a los tanques de separación	1	5,0	10,0	●	→				
4	Separación de solidos por flotación natural	1		21608,4	●					
5	Extracción del mucilago liquido	1		647,4	●					
6	Recepción del mucilago de café en planta	1		1007,4	●					
7	Traslado del producto a los tanques de refinación	1	10,0	180,0	●	→				
8	Refinación del Mucilago de Café	1		7208,4	●					
9	Traslado del producto a los tanques de calentamiento	1	10,0	180,0	●	→				
10	Calentamiento del mucilago de café	1		15,7	●					
11	Traslado del producto a los evaporadores	1	5,0	300,0	●	→				
12	Evaporación al vacío del mucilago refinado	1		5558,4	●					
13	Liberacion del producto terminado	1		600,0	●					
14	Empaque del Concentrado de Mucilago de Café	1		357,6	●					
15	Almacenamiento del Concentrado de Mucilago de Café	1		849,6	●					
Tiempo Minutos: 972,7		m	30,0	58.360,9	s					

Observaciones: El proceso de producción del concentrado de mucilago de café propuesto tiene un total de 15 actividades realizadas, con una distancia aproximada de 30 metros y tiempo min/hombre de 972,7. El proceso inicia con el despulpado de 5 toneladas de cereza de café del cual se sustrae 500 litros de mucilago con un grado brix de 9%, una vez evaporado el producto en total quedan 72 Kg de concentrado de mucilago de café. El rendimiento del mucilago en el despulpado es del 10% y en la evaporación es de 14,4%. El tiempo total del proceso es de 16,2 horas.

Nota. Esta figura muestra el estudio de tiempos realizado a cada una de las etapas del proceso productivo del mucilago del café. *Fuente.* Autoría propia.

