Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Agricultura.

“Aprovechamiento integral del jocote (*Spondias purpurea)* para la producción de mermelada, harina y carbón activado, a nivel de laboratorio y escalado Mi Pyme.”

Trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero Químico.

Elaborado por:

Br. Marlene Alejandra Rivas Miranda.

Carnet: 2020-0858U

Br. Vanessa Auxiliadora Orozco Baldelomar.

Carnet: 2020-0877U

Tutor:

MPA.Ing. Denis Antonio Escorcia Morales.

23 junio de 2025.

Managua, Nicaragua.

DEDICATORIA.

Agradezco en primer lugar a Dios, quien me ha guiado en esta etapa de mi vida quien me ha regalado la sabiduría y constancia para alcanzar esta meta. Así mismo agradezco a mi mamá Janeth Miranda, porque sin ella nada de esto habría sido posible. Gracias por ser mi guía incondicional, por su amor infinito, y ser mi ejemplo de lucha y perseverancia. Y por qué su fortaleza ha sido mi mayor inspiración y su apoyo constante mi impulso para no rendirme en el camino.

A mi abuelita Marlene Arguello, por darme su amor, paciencia y palabras sabias y por enseñarme que los valores y el corazón son la base de todo lo que uno construye. Tu presencia, aunque a veces discreta, ha sido una fuente de constante aliento.

A mi novio Angel Blanco, por estar a mi lado en los días buenos y en los días difíciles. Por tu comprensión, por tus palabras de aliento cuando más lo necesitaba, tú apoyo, tu fe en mí, y compañía han sido parte esencial en este proceso.

A ustedes, que han sido mi red de amor y apoyo, les dedico este logro con todo mi corazón.

Marlene Rivas.

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía y fuente de fortaleza en cada paso de este camino. Agradezco Su amor y sabiduría, que me han permitido alcanzar este logro.

A mi madre Leslie Baldelomar, gracias por apoyarme y aconsejarme, y gracias por tu amor incondicional, tus sacrificios y tu fe en mí. Este logro es gracias a ti.

Vanessa Orozco.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor MPa. Ing. Denis Escorcia Morales, por su valiosa orientación, dedicación y compromiso durante el desarrollo de este trabajo. Su experiencia, exigencia académica y apoyo constante fueron fundamentales para alcanzar este logro. Gracias por compartir su conocimiento con paciencia y por impulsar en mí una actitud crítica y profesional. Vanessa Orozco, quien me acompaño durante esta trayectoria universitaria, y fue clave para la realización de esta monografía, por su paciencia y constancia. Finalmente agradezco a todas aquellas personas que formaron parte de alguna u otra manera en mi crecimiento profesional.

Marlene Rivas.

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para concluir este trabajo. A mi compañera de tesis, Marlene Rivas, por su colaboración, dedicación y esfuerzo compartido en todo momento. A mi familia, por su amor incondicional y apoyo constante, siempre siendo mi mayor motivación. Y a mí tutor MPa. Ing. Denis Escorcia Morales, por su valiosa orientación, paciencia y por guiarme con sus sabias recomendaciones durante todo el proceso

Vanessa Orozco.

RESUMEN.

En el presente trabajo de tesis se realizó un aprovechamiento integral del jocote *(Spondias purpurea)*, una fruta tropical autóctona de Centroamérica, específicamente de Nicaragua, con el objetivo de desarrollar tres productos con alto valor agregado: mermelada, harina, y carbón activado a partir de la semilla. Este enfoque busca optimizar el uso de los recursos naturales, minimizando el desperdicio y contribuyendo a una economía circular mediante la valorización de ambos componentes del fruto: la pulpa y la semilla.

El primer objetivo del estudio fue la formulación y producción de mermelada de jocote. Para ello, se empleó un diseño experimental factorial 3^2, con el que se evaluaron diferentes combinaciones de variables como porcentaje de pulpa, azúcar, y aditivos (canela, clavo de olor y grenetina). A través de análisis sensoriales, se determinó la aceptación de las diferentes formulaciones, logrando un producto con características fisicoquímicas y sensoriales óptimas, de acuerdo con los parámetros de ^{o}Brix y pH establecidos para productos de confitería.

En paralelo, se desarrolló harina de jocote, la cual fue obtenida mediante un proceso de secado y molienda de la pulpa. Se utilizó un diseño experimental factorial 3^2 para evaluar la influencia de variables como temperatura de secado y tiempo de procesamiento, optimizando la granulometría de la harina para su incorporación en productos de panificación. El análisis fisicoquímico realizado permitió garantizar que la harina mantuviera su valor nutricional y se ajustara a los estándares de calidad requeridos para la industria alimentaria.

Por otro lado, el aprovechamiento de la semilla de jocote como materia prima para la obtención de carbón activado fue otro objetivo clave. Se emplearon métodos de activación química utilizando soluciones de ácido nítrico y ácido fosfórico al 21%, con variaciones en la temperatura y tiempo. El diseño experimental 2^3 permitió optimizar las condiciones para obtener un carbón activado con una alta capacidad de adsorción de contaminantes, siendo una alternativa ecológica y sostenible para el tratamiento de aguas residuales y otros procesos industriales. Para evaluar su capacidad de adsorción se utilizó azul de metileno frente a moléculas de mayor tamaño, permitiendo estimar la capacidad de adsorción para remover contaminantes.

El proceso de escalamiento fue considerado en la etapa final, evaluando la viabilidad técnica de trasladar estos procesos a una planta piloto, con un enfoque hacia las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPymes). Para ello, se elaboraron diagramas de flujo, balances de material, así como la selección de equipos adecuados para la transición desde el laboratorio hasta la producción a escala piloto.

El estudio demuestra que el jocote es una materia prima versátil que puede ser utilizada de manera integral, reduciendo residuos y generando productos que no solo agregan valor al mercado local, sino que también tienen un potencial significativo para su comercialización en mercados internacionales.

INDICE.

DEDICATORIA. i
AGRADECIMIENTOS. ii
RESUMEN. iii
I. INTRODUCCIÓN. 1
II. OBJETIVOS. 2
III. MARCO TEÓRICO. 3
3.1. Caracterización de la materia prima. 3
3.2. Variedades de jocote. 3
3.3. Características de la semilla de jocote. 5
3.4. MERMELADA. 5
3.4.1. Origen. 5
3.4.2. Tipos de mermeladas. 5
3.4.3. Importancia de las mermeladas. 5
3.4.4. Características. 6
3.4.5. Proceso de obtención. 6
3.5. HARINA. 7
3.5.1. Tipos de harina. 7
3.5.2. Proceso de obtención. 7
3.6. CARBON ACTIVADO. 9
3.6.1. Importancia. 9
3.6.2. Usos. 10
3.6.3. Tipos. 11
3.6.4. Propiedades. 11
3.6.5. Características fisicoquímicas. 12
3.7. Métodos de activación. 13
3.7.1. Activación física o térmica. 13
3.7.2. Activación química. 13
3.7.3. Proceso de obtención del carbón activado. 13
3.8. Análisis ambiental. 15
3.9. Residuos lignocelulósicos. 16
3.10. Principios básicos de escalamiento. 16
3.10.1. Escala piloto. 17
3.10.2. Costos de instalaciones pilotos. 18

IV. METODOLOGÍA. 19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 22
5.1. Resultados de la mermelada. 22
5.1.1. Formulación de mermelada a escala laboratorio. 24
5.1.2. Aceptación de la mermelada de jocote. 29
5.2. Resultados de harina. 30
5.2.1. Formulación de la harina a escala laboratorio. 32
5.2.2. Aceptación de la harina de jocote. 37
5.3. Resultados de carbón activado. 39
5.3.1. Formulación de carbón activado a escala laboratorio. 41
5.4. Selección de equipos para planta piloto. 46
5.4.1. Estimación de costos de los equipos. 54
5.5. Proceso tecnológico para el diseño de la planta. 54
5.5.1. Proceso tecnológico para la elaboración de mermelada. 55
5.5.2. Proceso tecnológico para la elaboración de harina. 56
5.5.3. Proceso tecnológico para la elaboración de carbón activado. 57
VI. CONCLUSIONES. 59
VII. RECOMENDACIONES. 60
VIII. BIBLIOGRAFIA. 61
IX. ANEXOS. 64
9.1. Análisis físicos generales. 64
9.2. Balances de materia a escala laboratorio. 67
9.2.1. Mermelada. 67
9.2.2. Harina. 72
9.2.3. Carbón activado. 77
9.2.4. Resultados finales balances de masa. 80
9.3. Gráficos. 81
9.3.1. Mermelada. 81
9.3.2. Harina. 82
9.3.3. Carbón activado. 83
9.4. Precios de adquisición de los equipos. 85

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Beneficios del jocote. 4
Figura 2: Estructura de un carbón activado. 10
Figura 3: Granulo de carbón activado. 10
Figura 4: Rendimientos de las nueve formulaciones. 23
Figura 5: Proceso de Inspección y selección. 24
Figura 6: Lavado 25
Figura 7: Escaldado. 25
Figura 8: Despulpado. 26
Figura 9: Proceso de formulación. 26
Figura 10: Proceso de tratamiento térmico. 27
Figura 11: Diagrama de bloques mermelada. 28
Figura 12: Calificaciones de las nueve formulaciones 29
Figura 13: Calificación de las formulaciones 4 y 5. 30
Figura 14: Rendimiento de las nueve formulaciones. 32
Figura 15: Recepción y selección. 33
Figura 16: Proceso de lavado y clasificación. 33
Figura 17: Escaldado. 34
Figura 18: Proceso de secado. 35
Figura 19: Triturado. 35
Figura 20: Tamizado 36
Figura 21: Diagrama de bloques para el proceso de obtención de harina. 36
Figura 22: Calificación de las formulaciones 5 y 6. 38
Figura 24: Rendimientos de las formulaciones. 40
Figura 25: Proceso de medición de humedad de materia prima. 41
Figura 26: Preparación de agentes activantes. 42
Figura 27: Pesado de materia prima. 42
Figura 28: Carbonización. 43
Figura 29: Trituración. 43
Figura 30: Lavado. 44
Figura 31: Secado carbón activado. 44
Figura 32: Prueba de azul de metileno. 45
Figura 33: Pruebas realizadas. 45
Figura 34: Diagrama de bloques de carbón activado. 45

Figura 35: Mesa de inspección. 47
Figura 36: Lavadora de frutas. 47
Figura 37: Despulpadora. 48
Figura 38: Molino ultra pulverizador. 49
Figura 39: Tamiz. 50
Figura 40: Marmita eléctrica. 50
Figura 41: Llenadora semi automática. 51
Figura 42: Selladora manual. 52
Figura 43: Mufla industrial. 52
Figura 44: Horno de secado. 53
Figura 45: Proceso tecnológico de mermelada. 55
Figura 46: Proceso tecnológico de la harina. 56
Figura 47: Proceso tecnológico de carbón activado. 57

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Valor nutricional..... 4
Tabla 2: Rangos de temperatura..... 5
Tabla 3: Métodos de obtención del carbón activado. 14
Tabla 4: Indicadores en % del costo del equipamiento tecnológico. 18
Tabla 5: Diseño de Experimentos (DOE) Factorial 3^2 a utiliza mermelada. 19
Tabla 6: Diseño de Experimentos (DOE) Factorial 3^2 a utilizar para harina. 20
Tabla 7: Diseño de Experimentos (DOE) Factorial 2^3 carbón activado. 20
Tabla 8: Formulaciones de mermelada. 22
Tabla 9: Resultados de la mermelada. 22
Tabla 10: Resultados de la harina. 31
Tabla 11: Rendimientos de la harina. 31
Tabla 12: Humedad del jocote. 39
Tabla 13: Formulaciones del carbón activado. 39
Tabla 14: Resultados de carbón. 40
Tabla 15: Especificaciones de la mesa. 46
Tabla 16: Especificaciones de la lavadora de frutas. 47
Tabla 17: Especificaciones de la despulpadora. 48
Tabla 18: Especificaciones del molino. 49
Tabla 19: Especificaciones del tamiz. 49
Tabla 20: Especificaciones de la marmita. 50
Tabla 21: Especificaciones de la llenadora. 51
Tabla 22: Especificaciones de la selladora. 52
Tabla 23: Especificaciones de la mufla. 52
Tabla 24: Especificaciones del horno de secado. 53
Tabla 25: Precio de los equipos. 54
Tabla 26: Determinación de acidez (mermelada). 64
Tabla 27: Determinación de hierro. 64
Tabla 28: Determinación de absorbancia. 65
Tabla 29: Determinación de fosforo. 65
Tabla 30: Determinación de nitratos y nitritos 66
Tabla 31: Formulación 1 mermelada. 67
Tabla 32: Formulación 2 mermelada. 67
Tabla 33: Formulación 3 mermelada. 68

Tabla 34: Formulación 4 mermelada..... 68
Tabla 35: Formulación 5 mermelada..... 69
Tabla 36: Formulación 6 mermelada..... 69
Tabla 37: Formulación 7 mermelada..... 70
Tabla 38: Formulación 8 mermelada..... 70
Tabla 39: Formulación 9 mermelada..... 71
Tabla 40: Formulación 1 harina..... 72
Tabla 41: Formulación 2 harina..... 72
Tabla 42: Formulación 3 harina..... 73
Tabla 43: Formulación 4 harina..... 73
Tabla 44: Formulación 5 harina..... 74
Tabla 45: Formulación 6 harina..... 74
Tabla 46: Formulación 7 harina..... 75
Tabla 47: Formulación 8 harina..... 75
Tabla 48: Formulación 9 harina..... 76
Tabla 49: Formulación 1 carbón activado. 77
Tabla 50: Formulación 2 carbón activado. 77
Tabla 51: Formulación 3 carbón activado. 78
Tabla 52: Formulación 4 carbón activado. 78
Tabla 53: Formulación 5 carbón activado. 79
Tabla 54: Formulación 6 carbón activado. 80
Tabla 55: Balances de masa de mermelada, harina y carbón activado 80

I. INTRODUCCIÓN.

Según Dayling Pastrana, en Nicaragua, las variedades de jocotes son apreciado por la población en su temporada de cosecha, contribuyendo significativamente a la economía familiar y comercializado en varios mercados nacionales. A pesar de su popularidad y potencial, el aprovechamiento integral de jocotes aún no se ha explorado, lo que representa una oportunidad para desarrollar nuevos productos con valor agregado y reducir el desperdicio. **(Ortez & Reyes Diaz, 2007)**

El jocote (*Spondias purpurea*) es una fruta exótica originaria de Centroamérica y el sur de México, conocida por su valor nutricional y versatilidad. La relevancia de este estudio radica en varios aspectos clave. Como, la diversificación de productos derivados del jocote puede proporcionar alternativas saludables y nutritivas, alineándose con las tendencias actuales que valoran alimentos naturales y beneficiosos para la salud. También, el aprovechamiento integral de la fruta, incluyendo tanto la pulpa como la semilla, contribuye a la sostenibilidad al reducir el desperdicio y fomentar el uso eficiente de los recursos agrícolas. **(Vanegas 2005)**

En este trabajo de tesis se representa una iniciativa innovadora y sostenible para el aprovechamiento del jocote, con el potencial de generar productos de alto valor agregado, promover prácticas agrícolas sostenibles y fortalecer la economía de las MiPymes. La investigación contribuye al conocimiento científico- tecnológico en la ingeniería química, agroindustria que puede generar un impacto positivo en la economía local y en la salud.

En innovación, en este estudio se propone usar las variedades de jocote para producir de la pulpa elaboración de mermelada y harina como complemento nutricional en productos de panificación, bollerías, galletas y del residuo de la semilla (jocote) carbón activado, como un subproducto agrícola con capacidad de absorción de contaminantes en matrices acuosa, proceso para la degradación y/o remoción de contaminantes que emplea un material de fibras dopadas con nano partículas metálicas o de óxidos metálicos. Este enfoque no solo aprovecha al máximo los recursos disponibles, sino que también contribuye a la economía y a la reducción de desechos.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

- Aprovechamiento integral del jocote (*Spondias purpurea*) para la producción de mermelada, harina y carbón activado, a nivel de laboratorio, desde la fase de laboratorio hasta el escalamiento a nivel de planta piloto.

2.2. Objetivos específicos.

- Investigar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de la variedad de jocote utilizada.
- Elaborar mermelada de jocote en el laboratorio, considerando variables fisicoquímicas.
- Determinar la formulación de harina de jocote apta como complemento nutricional para panificación, bollerías y galletas.
- Evaluar el potencial de la semilla de jocote para la producción de carbón activado, investigando parámetros de activación y purificación.
- Realizar pruebas a nivel de laboratorio para los procesos de mermelada, harina y carbón activado, ajustando los parámetros bromatológicos y fisicoquímicos.
- Seleccionar los equipos necesarios a escala piloto de acuerdo con el tipo de tecnología y a la base de cálculo.

III. MARCO TEÓRICO.

Esta pequeña fruta que aparece en verano, pero también invierno dependiendo de la variedad, se cosecha en amplias zonas del sur del pacífico Nicaragua, especialmente los departamentos Masaya, Granada y Rivas, para ser comercializada artesanalmente en mercados de Managua y otras ciudades, pero especialistas en comercio agricultura coinciden que la fruta además tener un creciente mercado local, también lo tiene en el a extranjero, sobre todo para ser comercializada como un producto exótico. Esta fruta posee un valor nutricional que son beneficiosas para la salud, es una fuente de fibra dietética, contiene grasas saludables y algunos minerales esenciales entre otras.

3.1. Caracterización de la materia prima.

El jocote es un árbol frutal también conocido como: (*obo, jobo, xocote*), ciruela de huesito, ciruela o cocota; nativo de zonas tropicales de América, con un área de extensión que va desde Guatemala hasta Paraguay. Es muy común en Ecuador, Nicaragua, Perú, Guatemala, Honduras, El Salvador, Costa Rica, Panamá, Venezuela, el caribe colombiano y parte de México. Algunos exploradores hicieron su traslado a África, Europa y Asia, que hicieron más amplia la distribución. Es una planta arbórea perenne, con múltiples ramificaciones; dependiendo de la variedad, su tronco puede llegar a tener 50 cm de diámetro y una altura de 20 metros. El árbol de jocote pierde sus hojas antes de iniciar la cosecha y al pasar esta se cubre nuevamente. **(MEFCCA, Cartilla cultivo de jocote, 2023)**

3.2. Variedades de jocote.

Las variedades cultivadas en Nicaragua se pueden dividir en dos grupos: Jocotes rojos que fructifican durante la estación seca (diciembre a mayo): Es una variedad de la fruta conocida como jocote (*Spondias spp*.), se caracteriza por su color rojo o rojizo cuando está maduro, lo que lo distingue de otras variedades de jocotes que pueden tener colores diferentes, como el amarillo o el verde. El sabor del jocote rojo puede variar desde ligeramente dulce hasta agridulce y, a veces, incluso un poco ácido, dependiendo de la madurez y la variedad específica. La textura de la pulpa del jocote rojo suele ser jugosa y suave. A menudo, se consume fresco como una fruta de refrigerio en muchas regiones. Jocotes amarillos cuya producción de frutos es de septiembre a diciembre: El jocote es un fruto pequeño, ovalado, de color amarillo, con pulpa jugosa y agridulce. Se cultiva en zonas tropicales de América, desde México hasta Brasil y se reproduce fácilmente en climas templados y relativamente fríos, hasta altitudes de 700 m. Dentro de estas variedades se encuentran las siguientes: jocote Guaturco, Verde dulce, Chicha, Tronador, Tamalito, San Franciscano, Jobo, Jimoyo y Corona. **(Ortiz,2007)**

Figura 1: Beneficios del jocote.

Tabla 1: Valor nutricional.

Información Nutricional del Jocote Valor nutricional por 100 gr.			
Agua	82.70%	Vit.equiv.retinol	76.00mg
Energía	70.00kcal	Ác.grasos mono-inst	G
Proteína	0.80g	Ác.grasos poli-inst.	G
Grasa	2.10g	Ác.grasos saturados	g
Carbohidratos	13.80g	Colesterol	mg
Fiba diet. Total	g	Potasio	mg
Ceniza	0.60g	Sodio	mg
Calcio	26.00mg	Zinc	mg
Fosforo	31.00mg	Magnesio	mg
Hierro	2.20mg	Vitamina B6	0.20mg
Tiamina	0.08mg	Vitamina B12	mg
Ribofavina	0.06mg	Ácido fólico	mg
Niacina	0.50mg	Folato equiv. Fd	mg
Vitamina C	28.00mg	Fracción comestible	0.60%

Fuente: Salvador.com, 2021.

Tabla 2: Rangos de temperatura.

Variedad de jocote.	Rangos de temperatura.
De verano.	24° a 37°C
Corona.	18° a 28°C

Fuente: Cartilla cultivo de jocote, MEFCCA Nicaragua.

3.3. Características de la semilla de jocote.

La semilla de jocote, también conocida como hueso de jocote, es la parte interior dura y resistente del fruto, posee un valor nutricional que contiene fibras, grasas saludables y algunos minerales, tiene un sabor peculiar y es firme, existentes variedades de jocote y la semilla puede variar en tamaño y sabor según la especie, como uno de los usos que le dan a la semilla, puede ser comestible en algunos países de América latina, y debe pasar por una cocción o puede ser hervida , y puede ser como una nuez.

La fruta del jocote es una drupa relativamente pequeña de 2.5 a 5 cm. de largo, color púrpura, rojizo o amarillo. El epicarpio es firme y liso, el mesocarpio es carnoso, amarillo, jugoso y de sabor dulce acidulado. El endocarpio es duro, constituido por fibras y en su interior se encuentran unas escamas, que son los remanentes de los óvulos desarrollados. Estos óvulos no pueden ser fecundados por ausencia de granos de polen y porque las células madres de los microporos no maduran. Por tanto, el fruto de jocote se produce por partenocarpia. Los árboles nacidos de semillas tienen crecimiento débil y baja productividad. **(Figueroa, 2004)**

3.4. MERMELADA.

3.4.1. Origen.

La palabra “mermelada” es un vocablo portugués mermelada que quiere decir confitura de membrillo (membrillo se dice marmelo en portugués en 1480, la palabra aparece por primera vez en documentos en inglés, y se divulgó en el siglo XVII). Es en ese siglo que se elaboran por primera vez en Escocia las famosas mermeladas de naranjas de Sevilla. La palabra se extendió por varios países europeos para designar conservas dulces sólo hechas con cítricos, en otros se empleó como sinónimo de “confitura de fruta”, y en Portugal ha conservado su sentido original, dulce de membrillo. **(Ramos, 2015)**

3.4.2. Tipos de mermeladas.

En el mercado, hay diversos tipos de mermeladas y de todas las frutas, hasta dietéticas, mermeladas: Sin azúcar, con fructosa, sin azúcar agregada, apta para diabéticos, light, bajas calorías o dietética. **(vida OK, 2016)**

3.4.3. Importancia de las mermeladas.

La elaboración de mermeladas es hasta ahora uno de los métodos más comunes para conservar las frutas por solidos solubles (^{o}Brix) y su producción casera es superior a la producción hecha masivamente. Esto se complementa con una alta acidez y un tratamiento térmico adecuado. Una mermelada es un producto homogéneo, es el resultado de la cocción de jugo, pulpa, fruta picada y otros ingredientes, con aroma, sabor y color típico de la fruta cocida. **(Pérez Maldonado, Reyes Silva, & Suncin Ocón, 2017)**

3.4.4. Características.

Entre las características físicas más saltantes que debe tener una mermelada es su color brillante y atractivo, además debe parecer gelificada sin mucha rigidez, sabor típico de la fruta cocida, fácil de deslizarse a través de superficies.

Entre las características químicas tenemos: los $Brix^0$ debe estar entre 65 – 68%. El pH debe estar 3.2 y 3.5. **(Teran, 2011)**

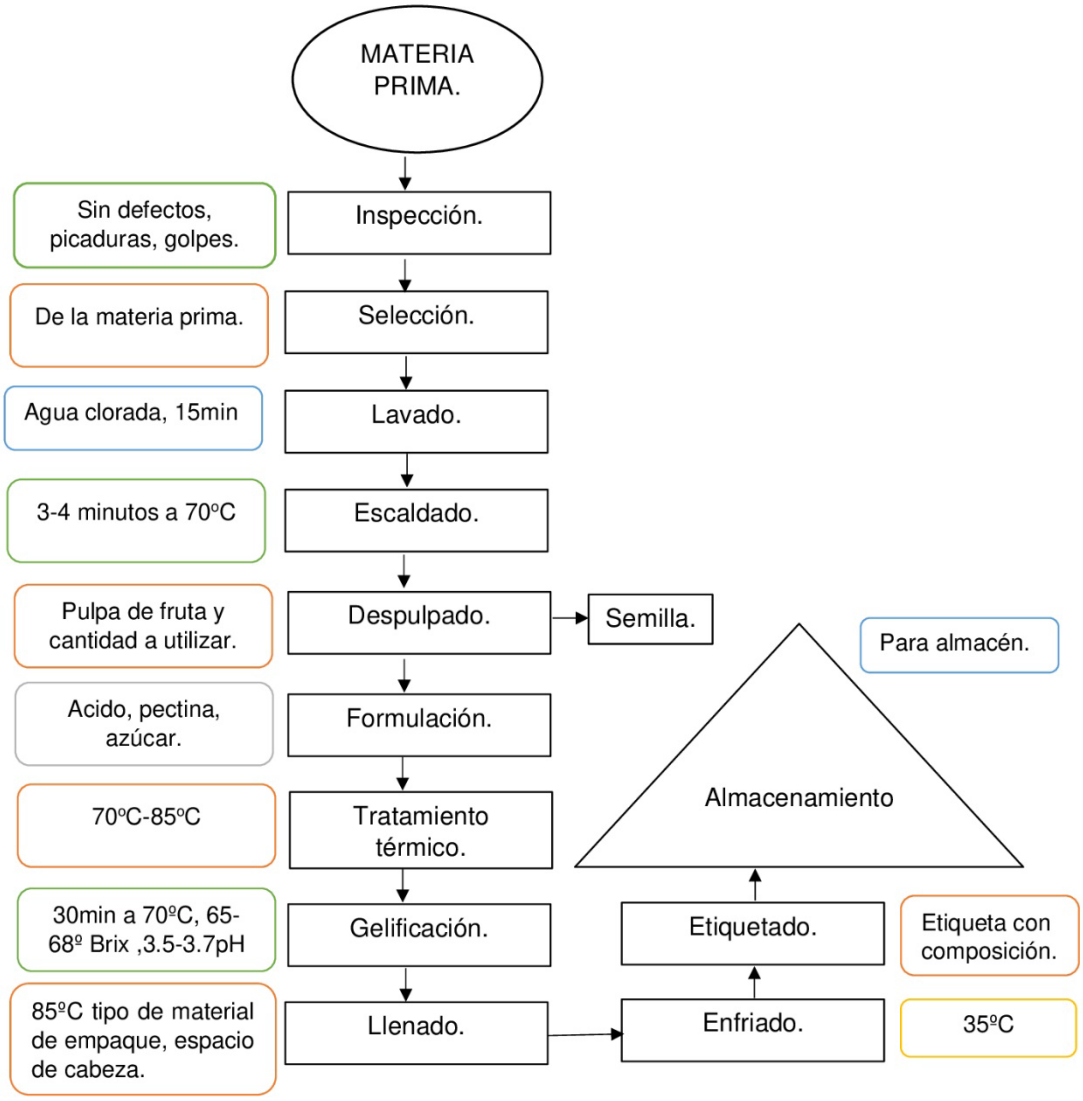
3.4.5. Proceso de obtención.

La elaboración de esta clase de productos consiste en una rápida concentración de la fruta mezclada con azúcar hasta llegar al contenido de 65%, que corresponde a un contenido de solidos solubles de 68° Brix. La concentración se realiza en equipos semiesféricas o cilíndricas denominados "marmitas".

La cocción de la mermelada se puede efectuar de tres maneras:

1. Cocción y eventual concentración en marmitas con calentamiento a vapor.
2. Concentración de las pulpas en ampollas bajo vacío y cocción en marmitas.

Durante la concentración, se evapora el agua contenida en la fruta. Los tejidos se ablandan. Por este ablandamiento, la fruta absorbe azúcar y suelta pectina y ácidos. A causa de la presencia de los ácidos y de la elevada temperatura, ocurre la parcial inversión de los azúcares. En una mermelada de buena calidad, del 40 hasta el 60% de la sacarosa debe ser invertida. En el caso de que la concentración se efectué al vacío, la inversión debe ser menor por la baja temperatura de concentración. Por esta razón, se puede sustituir hasta el 20 de la sacarosa por mil de maíz que es un jarabe de glucosa, o por jarabe de azúcar pre invertido. Estos jarabes se agregan a la mezcla poco antes de la terminación de la concentración. **(Pérez Maldonado, Reyes Silva, & Suncin Ocón, 2017)**



Fuente: Tesis optimización del proceso de elaboración de mermelada, 2017.

3.5. HARINA.

3.5.1. Tipos de harina.

La harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo, también se hace harina de otros cereales como centeno, cebada, avena, maíz, arroz… y existen también otros tipos de harinas obtenidas de otros alimentos como leguminosas (garbanzos, soja), castaña, mandioca, etc. **(Fernández, 2020)**

3.5.2. Proceso de obtención.

Recepción

En esta etapa se recibe la materia prima y se realiza la evaluación de la materia prima, se revisa que cumplan con las especificaciones requeridas (libre de daños por plagas, etc.) y además se procede a tomar pesos para luego hallar el rendimiento.

Lavado y Clasificación
Es muy importante el lavado de la materia prima, en este proceso se procede a lavar los jocotes verdes con agua, para evitar que cualquier suciedad presente afecte la calidad del producto que se obtendrá en el s en el proceso. En la clasificación se desecha cualquier unidad defectuosa que no cumpla con los requerimientos para la elaboración de la harina.

Escaldado
Técnica en la que se puede usar agua caliente donde la fruta se deja por inmersión, el tiempo de contacto de la fruta depende de la misma. Este proceso se realiza para suavizar la pulpa y facilitar proceso de despulpado.

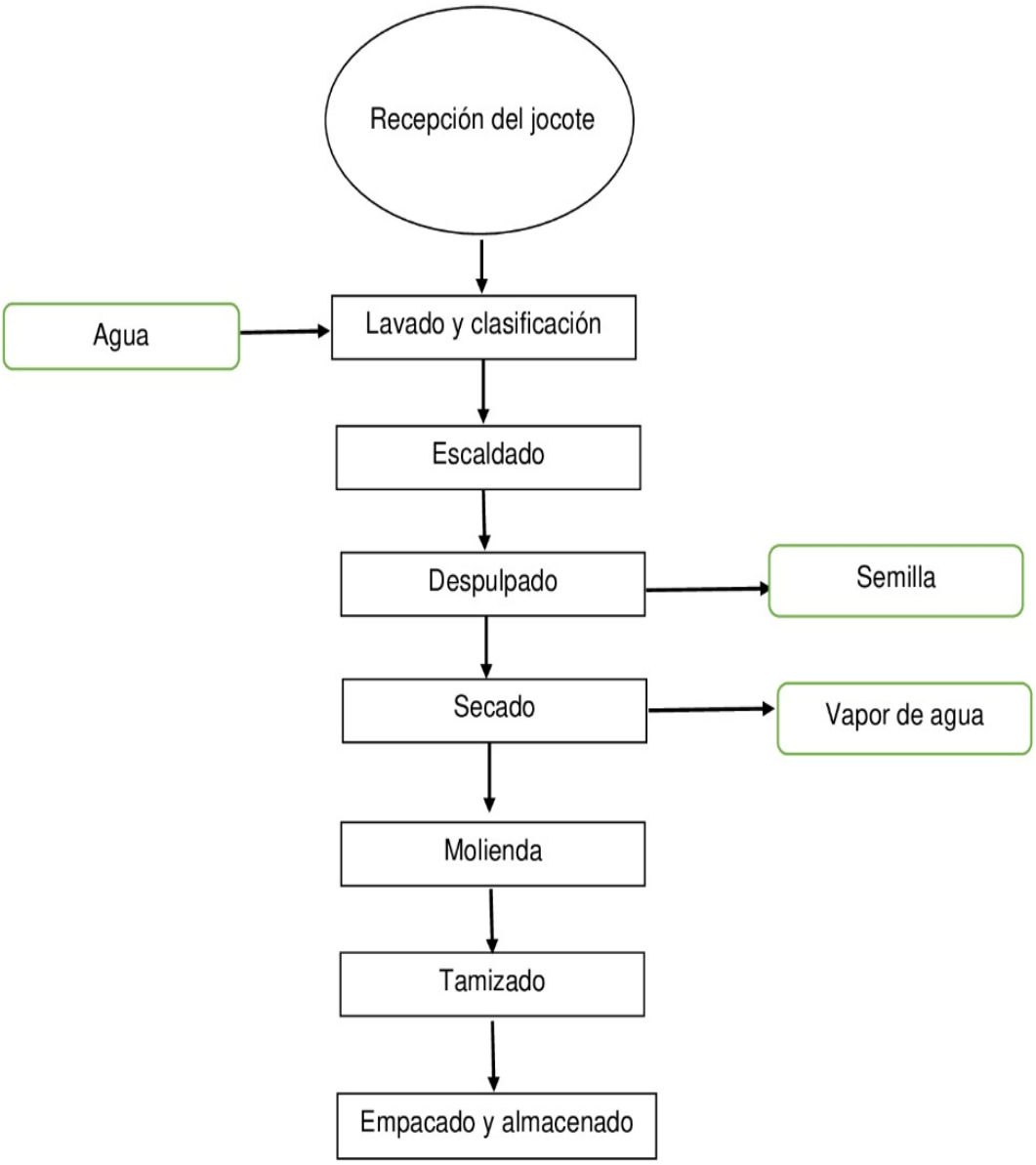
Despulpado
En esta etapa ingresan todos los Jocotes que van a ser utilizados el proceso ya limpio, el rendimiento y se separan de la semilla.

Secado
El secado del producto se lleva a cabo en un secador horizontal de cabina, donde se coloca el producto en bandejas, la temperatura del secador es de 50 +/- 3ºC. Este proceso se realiza hasta que los pesos de las bandejas se mantengan constantes, lo que significa que el producto se encuentra seco.

Molienda
La materia prima una vez seca, es pasada por un molino, debe ser un polvo fino que esté de acuerdo con las especificaciones de las harinas para que no haya mayores pérdidas en el posterior tamizado donde se utilizara un tamiz de 60 mesh /250µm. BASADA EN LA CODEX STAN 152-1985. **(Cáceres, y otros, Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON), 2011)**

Tamizado
Posteriormente a realizada la molienda, el polvo fino pasa por un juego de tamices para así obtener el tamaño de partícula, óptimo, el cual se determina por granulometría. **(Cortez, 2016)**

Flujograma del proceso de obtención de la harina de Jocote.



Fuente: Estudio de la elaboración de la harina, 2019.

3.6. CARBON ACTIVADO.

3.6.1. Importancia.

La obtención del carbón activado se obtendrá de un subproducto del proceso. Se llama un adsorbente por su capacidad de adsorción de sólidos, vapores y gases. Por tal motivo puede usarse en tecnologías actuales o futuras para satisfacer cualquier necesidad según lo demandado por las industrias alimenticias, químicas, petroquímicas, azucarera y farmacéutica, etc.

Su importancia es una tecnología implementada actualmente en las diferencias industrias es un proceso eficaz y eficiente en remoción de contaminantes que puede llevarse a cualquier parte solo usando una correcta instalación en la red de agua, gas o vapor que se desee ubicar. La utilización de carbón activo ya sea granular o polvo, es dependiente de la operación a realizar.**(Solano, Valle Laguna, & Vallestero Mayorga, 2019)**

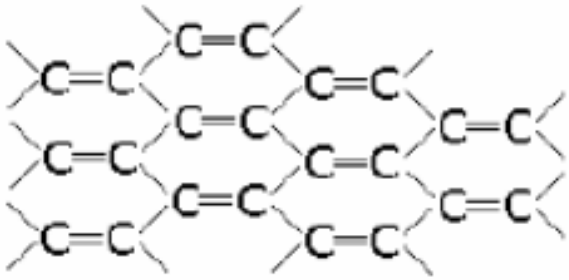


Figura 2: Estructura de un carbón activado.

3.6.2. Usos.

El carbón activado se utiliza en el tratamiento de aguas para adsorber, contaminantes, los metales pesados. Actualmente existe una serie de filtros utilizados para asegurar la calidad del agua potable en el hogar, la mayoría funcionan en base de carbón activado en diferentes presentaciones (granular, entrelazado con fibras de celulosa y en forma de monolitos) los cuales a su vez están impregnados con nanopartículas de diferentes componentes, entre los que destaca la plata (Ag) pero estos suelen ser tener un costo elevado al ser productos importados, por lo cual son difíciles de ser adquiridos masivamente.

El carbón activado es de su estructura microporos gracias a la superficie específica, característica que se aplica en sólidos con granos o partículas, como el carbón activado, es relevante ya que en ella se desarrollan procesos físicos y químicos de este tipo de materiales. Esta superficie faculta la formación de partículas gracias a la presencia de grupos carboxílicos, fenólicos, cetonas, quinonas, hidroquinonas y aldehídos que le dan al carbón activado la particularidad de material adsorbente; la presencia de estos grupos ácidos en la superficie específica del carbón activado, pueden elevarse con la adición de soluciones de ácido nítrico o fosfórico. **(Betsayda, Roddy Argenio, Cevallos Cedeño , & Burgos Briones, 2022)**

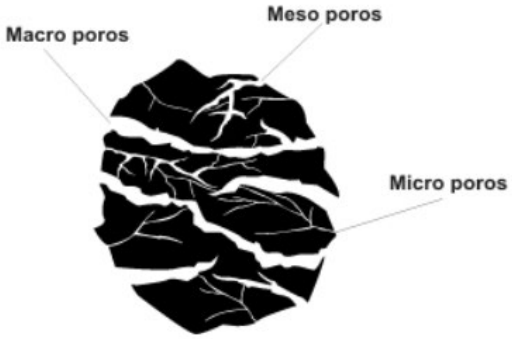


Figura 3: Granulo de carbón activado.

3.6.3. Tipos.

El carbón activado tiene una estructura molecular parecida a la del grafito. Esto da una distribución de poros bien determinada. De acuerdo con su tamaño los poros del carbón activado se dividen en tres:

1. Microporos.
2. Poros medios o mesoporos.
3. Macroporos.

La distribución del tamaño de los poros en el carbón activado depende de 3 factores fundamentales los cuales son: La materia prima, el proceso de activación y la duración del proceso. El carbón activado en polvo tiene tamaños menores a 100 um, los tamaños típicos fluctúan entre 15 y 25 um. El carbón activado granular tienen un tamaño entre 1 y 5 mm. El carbón activado granular se dividen en dos clases: carbón activado sin forma y carbón activado con forma específica. **(Carbotecnia, 2023)**

3.6.4. Propiedades.

Las propiedades de un carbón activado no dependen exclusivamente de la superficie y de la porosidad. Cuando el producto a eliminar tiene una alta polaridad, tiene bajo volumen molecular y está muy disuelta en el aire, la retención por el carbón activado solo tiene efectividad si se asocia con reactivos específicos o se pueden aprovechar las propiedades catalíticas del mismo carbón. Así, tras la adsorción, ocurren reacciones químicas que transforman los productos tóxicos que luego quedan retenidos en los poros del carbón.

- **Número de Yodo:** El número de Yodo es un parámetro esencial que se utilizada para identificar el desempeño del carbón activado. Este cuantifica la porosidad por la absorción del yodo en disolución si el número es más alto el grado de activación del carbón es más alto.

- **Azul de metileno:** Es un parámetro rápido para conocer la capacidad de absorción del carbón activado frente a moléculas grandes.

- **Área de superficie:** Es la extensión de la superficie de los poros desarrollada dentro de la matriz del carbón activado y mide la capacidad de absorción. Se mide usando nitrógeno (N_2). Es el indicador primario del nivel de actividad, asumiendo que, a mayor área superficial, mayor número de puntos de adsorción disponibles.

- **Densidad Aparente:** Entre mayor sea la densidad indica generalmente mejor calidad del carbón activado.

- **Tamaño de partícula:** Entre más pequeño, proporciona una tasa más rápida de absorción que reduce la cantidad de tiempo de contacto requerido. Entre más pequeña, tiende a caer más rápido la presión.

- **Dureza y Abrasión:** Se refiere a la resistencia que tiene el material al desgaste.

- **Valor de descolonización:** Es la eficiencia que tiene el carbón activado para decolorar.

- **Contenido de cenizas:** El contenido de cenizas corresponde al porcentaje de residuo que queda al terminar con el análisis. Este reduce la activación general del Carbón activado Reduce la eficiencia de reactivación Parámetros de absorción del carbón activado

- **Capacidad:** Los parámetros de la capacidad, determinan características de carga del carbón activado.

- **Tamaño del poro:** La distribución correcta del tamaño de poro, es necesaria para facilitar el proceso de absorción proporcionando absorción a los sitios y canales apropiados para transportar el absorbente.

- **Temperatura:** Las temperaturas más elevadas, disminuyen la capacidad de absorción del material.

- **pH:** La capacidad de Absorción aumenta bajo condiciones de pH, que disminuye la solubilidad del absorbente (pH normalmente más bajo).

- **Tiempo de contacto:** El tiempo suficiente de contacto se requiere para alcanzar el equilibrio de absorción y para llevar al máximo la eficiencia de absorción.

3.6.5. Características fisicoquímicas.

La composición química del carbón activado es aproximadamente de un 70- 80% de C, del 5 al 10% de cenizas, del 60% de oxígeno y 0,5% en hidrógeno. Dicha composición química del carbón activo es prácticamente pura, al igual que lo es el grafito, el diamante y los diversos carbones minerales o de leña.

Todos poseen adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a ciertas moléculas, llamadas adsorbatos y contenidas en un medio líquido o gaseoso.

El carbón activado posee una estructura microcristalina similar a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbono activado da razón a una distribución de poros de tamaños bien determinados. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio: macroporos (r>25 nm), mesoporos (25>r>1 nm) y microporos.

En el caso de los carbones activados, la superficie de las partículas presenta una alta reactividad físico-química con el medio, lo que implica la existencia de fenómenos como la adsorción de cationes y moléculas de agua o variación de la carga eléctrica y de las fuerzas de atracción repulsión entre partículas en función del pH, salinidad y temperatura del medio.

La capacidad de remoción de los adsorbentes no la determinan sus características texturales, sino que los grupos químicos de la superficie son distintivos, producto de las interacciones específicas con el adsorbato. El análisis proximal es la vía la cual se determinan los porcentajes de humedad, compuestos volátiles, cenizas y carbono fijo del carbón activado. La materia prima utilizada en el proceso de obtención del carbón activado, son, generalmente cortezas de frutos secos, cáscaras de frutas como el coco, naranja, turba, pulpa de café, palmeras, aserrines, maderas, y residuos que contengan mayormente cantidades significativas de lignina, celulosa y hemicelulosa.

3.7. Métodos de activación.

3.7.1. Activación física o térmica.

Esta es la más utilizada, como materia prima emplea el carbón vegetal granulado, obtenido previamente en métodos de carbonización a temperaturas entre 400 a 600 °C; este es sometido a una molienda, enseguida clasificado, empleando tamices de diferentes tipos de abertura, con el propósito de uniformizar el tamaño de partículas antes de la activación, una vez clasificado, se coloca dentro de un lecho de activación (construido en material resistente a altas temperaturas) por donde se hace pasar corrientes de gasa temperaturas entre 800 a 1000 °C; como gases para la activación se emplea el vapor de agua, dióxido de carbono, cloro, gases provenientes de una combustión u otros gases que actúan sobre los materiales volátiles, provocando su arrastre y separación de la estructura del carbón.

3.7.2. Activación química.

Este método consiste en utilizar ya sea cloruro de zinc, ácido fosfórico, ácido nítrico y otros reactivos para así lograr una transformación en carbón que adquiere propiedades con gran actividad y poder adsorción; este proceso es aplicado directamente a la materia prima, a diferencia del método físico donde debe existir una carbonización previa; esta activación se realiza en una retorta con temperatura entre 500 a 900°C, una vez terminado el proceso se deja enfriar y se lava el carbón para recuperar el agente activador, luego el carbón activado se filtra y se seca. La activación química con $ZnCl_2$ fue el método más usado hasta 1970, especialmente para la activación de residuos de madera; sin embargo, se ha restringido debido a los problemas medioambientales que conlleva el uso del $ZnCl_2$, no obstante, algunos países como China aún siguen usando este método para producir carbón activado. En la historia de la ciencia se han evaluado métodos de obtención del carbón activado para optimizar el proceso y desarrollar nuevas opciones para el aprovechamiento, ya sea de la materia prima y/o de los ácidos utilizados para la activación. **(Betsayda, Roddy Argenio, Cevallos Cedeño , & Burgos Briones, 2022)**

3.7.3. Proceso de obtención del carbón activado.

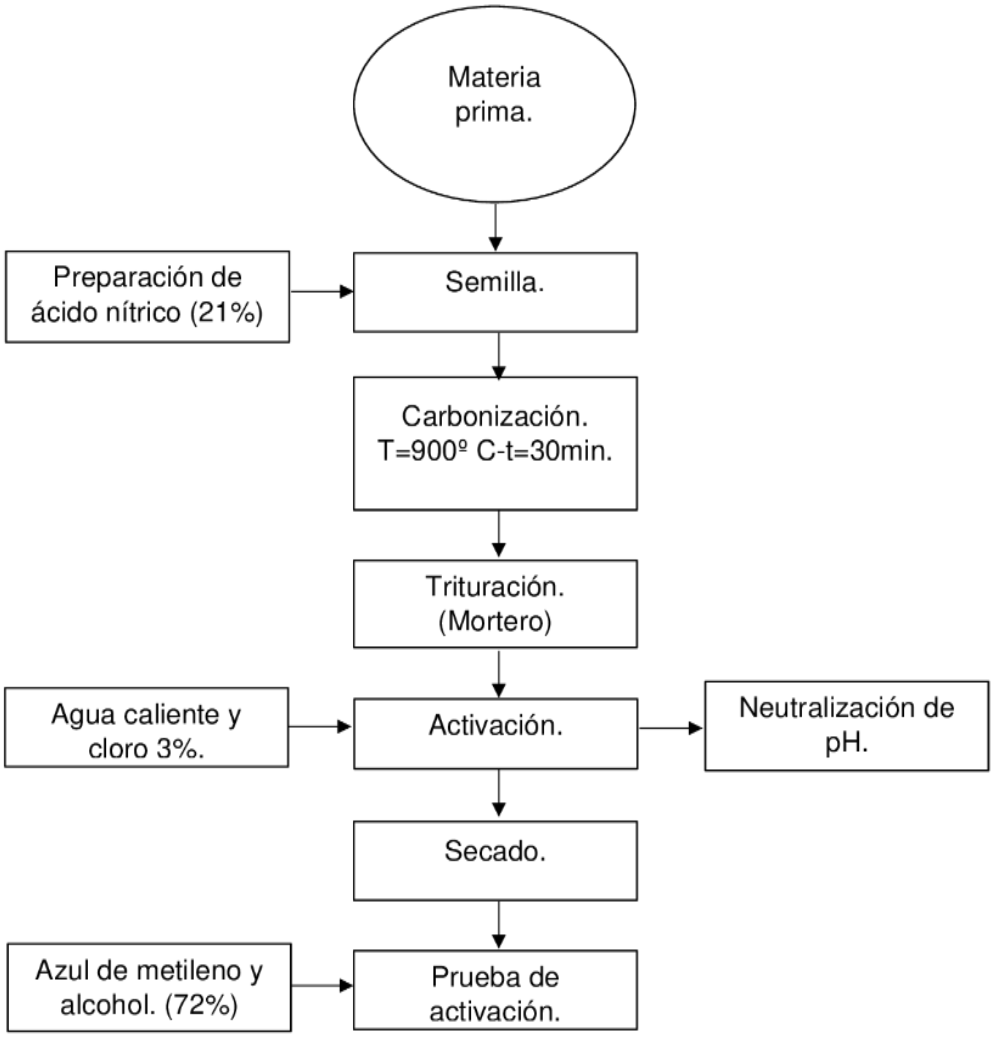
Dentro de los procesos de obtención del carbón activo existen técnicas y métodos de los cuales se puede optimizar dicho proceso, se detallarán a continuación:

Tabla 3: Métodos de obtención del carbón activado.

Activación química.	Activación física (térmica)
Ácido fosfórico H_3PO_4 (21%) T=500ºC – t=16h	600ºC 1min/g muestra.
Ácido fosfórico (20%) Hidróxido de zinc (10%) Cloruro de zinc (40%) T=110ºC – t= 8h	Con flujo de N_2, para crear una atmósfera inerte, T=400ºC,t=30min.
Ácido nítrico NH_3 (21%) T=900ºC-t=30min.	

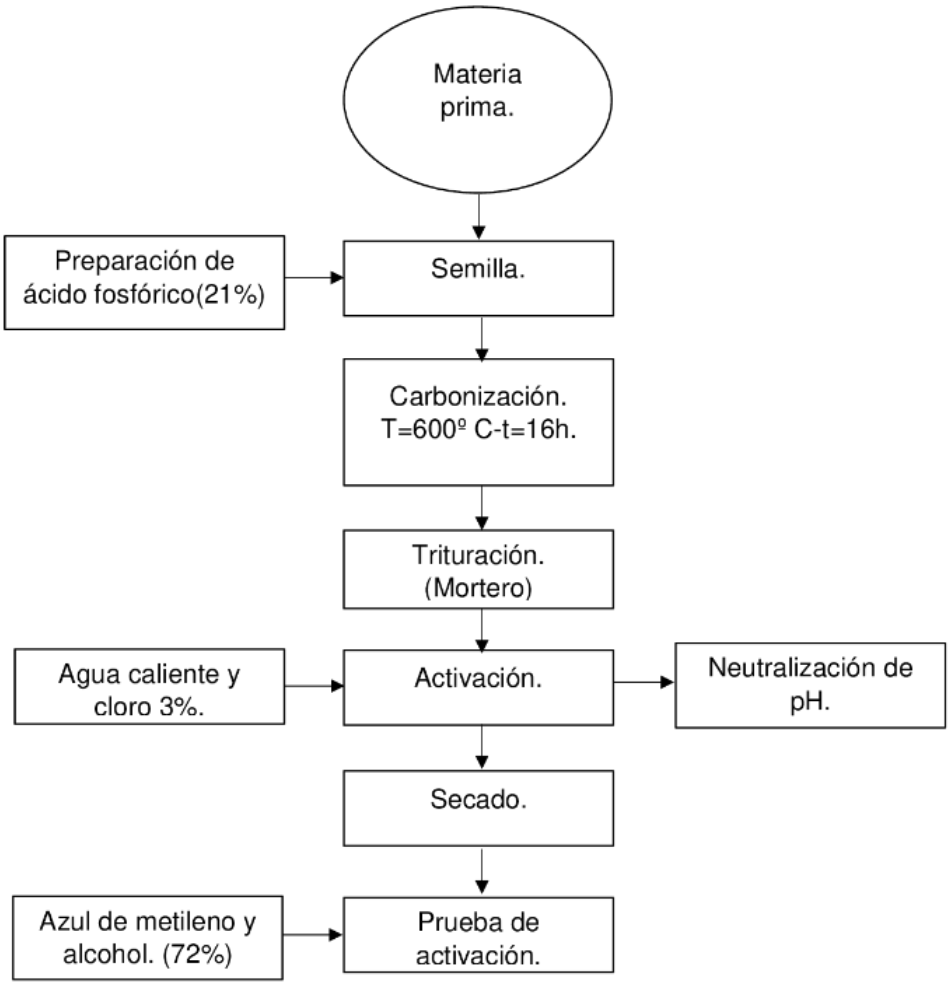
Fuente: Minerva Journal, 2022.

Flujograma para obtención de carbón activado con ácido nítrico.



Fuente: Residuos lignocelulósicos y método de Producción del carbón activado, 2022.

Flujograma para obtención de carbón activado con ácido fosfórico.



Fuente: Residuos lignocelulósicos y método de Producción del carbón activado, 2022.

3.8. Análisis ambiental.

El carbón activado es eficaz en la eliminación de una amplia gama de contaminantes del agua y el aire, lo que contribuye a la reducción de riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Estudios han demostrado que es efectivo en la remoción de compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros contaminantes tóxicos del aire y agua.

Puede ser regenerado y reutilizado, lo cual reduce la necesidad de producir nuevos materiales y minimiza el impacto ambiental y los métodos de regeneración comúnmente utilizados incluyen la regeneración térmica y química La producción de carbón activado a partir de desechos agrícolas, como cáscaras de coco y bagazo de caña de azúcar, promueve la utilización de residuos y reduce la huella de carbono asociada con su producción. **(Waldeck, 2021)**

La activación térmica de carbón y otros materiales orgánicos requiere altas temperaturas, lo que consume mucha energía y genera emisiones de dióxido de

carbono y otros gases de efecto invernadero. El uso de agentes químicos en la activación puede generar residuos tóxicos y contaminación si no se maneja adecuadamente. Estos productos químicos deben ser tratados y eliminados de manera segura para evitar impactos negativos en el medio ambiente. Aunque hay esfuerzos por utilizar materiales renovables, una gran parte del carbón activado sigue siendo producido a partir de carbón mineral, lo que implica un impacto negativo por la extracción de este recurso natural no renovable. **(Parlamento Europeo, s. f.)**

3.9. Residuos lignocelulósicos.

Se puede definir la biomasa como la materia orgánica renovable originada en un proceso biológico, espontaneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Ha resultado esencial en la historia de la humanidad, pero con la llegada de los combustibles fósiles perdió importancia, reduciéndose su uso como fuente de energía en la industria. Existen distintos tipos de residuos biomásicos generados en actividades industriales, agrícolas y urbanas. Dentro de la biomasa residual seca se encuentran los residuos lignocelulósicos. El material lignocelulósico está compuesto por tres polímeros: celulosa, hemicelulosa y lignina, cuya interacción es compleja, y varía según el residuo lignocelulósico del que se trate. **(Ariza, 2012)**

3.10. Principios básicos de escalamiento.

Una de las definiciones clave dentro del ámbito de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyMES) es el tamaño de las empresas. Tradicionalmente la clasificación de las empresas está dada por el número de empleados **(Rick Van der Kamp, 2004)**:

Microempresa: 1-5 empleados
Pequeña empresa: 6-20 empleados
Mediana empresa: 21-99 empleados
Gran empresa: 100 o más empleados

El escalamiento es una herramienta vital para la ingeniería química, ya que con ella se pueden reducir errores en diseños debido a correlaciones inexactas o a la falta de información. Escalar un proceso o un equipo es convertirlo de su escala de investigación (laboratorio o piloto) a escala industrial (producción) **(Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008).**

En la práctica existen muchas definiciones del término escalado. Una definición que se ajusta bastante a la concepción actual sería: “Escalado es el proceso mediante el cual se logra la exitosa puesta en marcha y la operación económica de una unidad a escala comercial basándose, al menos en parte, en resultados de investigaciones realizadas a una escala más pequeña”. **(González, 2000)**

El proceso de investigación y desarrollo puede considerarse dividido en 5 etapas: laboratorio, banco, piloto, semi-industrial e Industrial. Esta división es convencional y por ello, no son muy precisos los límites entre una escala y otra. En todos los casos resulta imprescindible el análisis detallado de las características del proceso que se pretende desarrollar y del nivel de conocimientos que se tiene sobre el mismo, para poder decidir las etapas que

hay que acometer y planificarlas adecuadamente, de forma tal que se emplee el mínimo de recursos y se culmine en el menor tiempo posible **(Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008)**.

3.10.1. Escala piloto.

Los estudios de escala piloto resultan de especial importancia para el cambio de escala, pero poseen un alto costo y la decisión de su realización debe considerar un conjunto de factores entre los cuales se destacan:

- Tipo de proceso.
- Nivel de información disponible.
- Tamaño propuesto para la unidad industrial.

En los procesos a escala piloto intervienen fenómenos, simples o complejos, de interés para la ingeniería química, los cuales permiten un análisis de las interacciones presentes en operaciones tales como la termodinámica, el flujo de fluidos, la transferencia de masa y energía, las reacciones químicas, la biotecnología, el control de procesos, etc. Según **(Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008)** el uso de las plantas de proceso a escala piloto tiene los siguientes propósitos:

Predecir el comportamiento de una planta a nivel industrial, operando la misma a condiciones similares esperadas. En este caso los datos obtenidos serán la base para el diseño de la planta industrial.

Servir como modelo teniendo como función principal mostrar los efectos de los cambios en las condiciones de operación de manera más rápidos y económicos.

La planta piloto permite experimentar de forma económica y eficaz el comportamiento al escalar a partir de: condiciones de operación, parámetros de diseño, materiales de construcción, operaciones unitarias, impurezas, corrosión, procedimientos operativos, problemas de trabajo, problemas ambientales.

El paso fundamental en el escalamiento consiste en pasar los datos obtenidos a escala de laboratorio a un modelo que puede ser:

- **Fenomenológico:** Fundamentado en algunos razonamientos teóricos, pero de tipo macroscópico.

- **Empírico:** El cual se postula sin bases teóricas y se espera solamente que ajuste la interacción entre los datos en el rango o intervalo de experimentación.

- **De similitud:** Obtenido a partir de un análisis de similitud con respecto a analogías físicas de tipo térmico, mecánico, geométrico, químico, etc. El tipo de modelo de escalamiento depende tanto del proceso en cuestión como de la geometría de los equipos involucrados. Del trabajo conjunto de investigación e ingeniería surgen las variantes iniciales del diseño de planta, que sirven en cada caso para diseñar y seleccionar adecuadamente el equipo que se usará en la escala siguiente,

pudiéndose decidir incluso la eliminación de algunas de las etapas, si el nivel de información así lo aconseja. **(Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008)**

Posteriormente la etapa final de diseño y proyectos de ingeniería, es donde se realiza toda la documentación final del proyecto, la que debe estar compuesta de:

- Diagrama de flujo y balances de materiales y energía del proceso en su conjunto.
- Definición primaria de las especificaciones de equipos y otros elementos del sistema tecnológico.
- Diseño de ingeniería de procesos y automática de equipamiento.
- Diseño de la planta, como un sistema integral, incluyendo los servicios con la calidad requerida, protección del medio y del personal y las buenas prácticas de producción.
- Proyecto ejecutivo de los equipos y otros elementos de fabricación nacional.
- Documentación técnica de puesta en marcha y operación.

3.10.2. Costos de instalaciones pilotos.

El costo de las plantas pilotos es extremadamente variable y su magnitud depende no solo de su capacidad, sino también, y en gran medida, del tipo de planta piloto, de su nivel de versatilidad en el caso de plantas polivalentes y del nivel de instrumentación demandado por la instalación **(de los Ríos & Agil, 1996)**.

En la siguiente tabla se muestran los valores que **Ríos & Agil (1996)** determinaron como índices económicos evaluados en su proceso, en comparación con los encontrados en distintas fuentes; dicha tabla sirve como ejemplo del tipo de grado de inversión que se requiere en este tipo de escalamiento.

Tabla 4: Indicadores expresados en % del costo del equipamiento tecnológico.

Indicador	Índices obtenidos	Índices Literatura
Equipamiento tecnológico	100%	100%
Tuberías	17%	9%
Válvulas y accesorios	--	36%
Electricidad		
Sistema convencional	1%	--
Sistema antiexplosivo	10%	--
Subtotal	11%	15%
Instrumentación	11%	26%
Ingeniería	41%	45%
Sistemas de seguridad e higiene	7%	--
Servicios auxiliares	20%	--

Fuente: De los Ríos & Agil (1996).

IV. METODOLOGÍA.

Esta investigación es aplicada al estudio que está definido en la modalidad de investigación recopilación documental y experimenta para verificar la información disponible a la vez el nivel de profundidad del presente trabajo. La investigación es experimental porque en cada proceso se obtiene datos a través de una experimentación que se realizaran formulaciones y se elegirá la formula óptima a través de análisis sensoriales de mermelada, harina y carbón activado del fruto del jocote.

Preparación de las materias primas

Cada formulación tiene unas características propias que son debidas tanto a los distintos ingredientes, materiales y reactivos empleados en su elaboración como el proceso tecnológico utilizado.

Selección de la formulación óptima mediante análisis sensorial

Para el desarrollo de una mermelada de pulpa de jocote. Se utilizará un diseño de experimento factorial (DOE) 3^2, con 9 formulaciones en total, para la mermelada con la Tabla 5. Se realizará una encuesta a un total de 50 panelistas de diferente edad y sexo para determinar el grado de aceptación o rechazo de las 9 diferentes formulaciones de mermelada la principal variable de respuesta será el % de aceptación con respecto al producto. La variable de repuesta de la mermelada de buena calidad es del 40 hasta el 60% de la sacarosa debe ser invertida antes mencionado en la página siete (7).

Tabla 5: Diseño de Experimentos (DOE) Factorial 3^2 a utilizar para mermelada.

Formulación	% pulpa	% azúcar	% canela	% clavo de olor	% Grenetina	°Brix.
1	50	40	1	1	8	65
2	55	35			8	65
3	60	35			3	60
4	40	50			8	80
5	50	35			13	75
6	45	45			8	50
7	45	40			13	55
8	35	50			13	73
9	65	20			13	60

Fuente: Adaptada.

Para el Desarrollo de una harina de la pulpa de jocote se utilizará un diseño de experimento factorial (DOE) 3^2, con 9 formulaciones en total para la harina. Se medirán parámetros fisicoquímicos para cada una de las 9 formulaciones de harina de acuerdo con la Tabla 6. Se realizará una encuesta a un total de 50 panelistas de diferente edad y sexo para determinar el grado de aceptación o rechazo de las 9 diferentes formulaciones respecto al producto. La variable de repuesta es obtener en tamiz de 60 mesh / 250µm según la norma (BASADA EN LA CODEX STAN 152-1985).

Tabla 6: Diseño de Experimentos (DOE) Factorial 3^2 a utilizar para harina.

Formulación	% pulpa	Temperatura. (ºC)	Tiempo (hora)
1	100	50	36
2		60	24
3		65	26
4		70	18
5		60	15
6		50	13
7		45	40
8		55	48
9		55	26

Fuente: Adaptada.

Para el Desarrollo de carbón activado a partir de la semilla. Se realizó un diseño de experimento (DOE) 2^3. Se medirá parámetros fisicoquímicos para cada una de las 6 formulaciones para el carbón de acuerdo con la Tabla 7. La variable de repuestas será la tabla 3. (Página 15)

Tabla 7: Diseño de Experimentos (DOE) Factorial 2^3 a utilizar carbón activado.

Formulación	% Semilla.	% Concentración.	Temperatura.	Tiempo (horas)
1	100	21	800	40
2			850	39
3			875	35
4			900	30
5			950	21
6			1000	20

Fuente: Adaptada**.**

La encuesta por utilizar pertenece al grupo de las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos llamadas: Pruebas afectivas, pertenece al subgrupo: pruebas de preferencia y es “prueba preferencia ordenación”. Esta consiste en que los panelistas ordenen una serie de muestras en forma creciente para cada una de las características o atributos que se estén evaluando (olor, color y sabor)**,** es específica para la preferencia y aceptación del producto. Esta prueba se puede aplicar para el desarrollo de nuevos productos, la preferencia del consumidor, mejora de productos existentes y/o nivel de aceptación de un producto.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las 9 formulaciones fueron analizados y discutidos mediante gráficas de evaluación sensorial de % de aceptación versus sabor, olor o color. A continuación, se presenta la prueba a evaluar:

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de una mermelada de jocote y harina de jocote.

Edad: _____ **Sexo:** F___ M___ **Fecha:**____/____/____

Característica	**Formulación**				
		No me gusta nada	**No me gusta**	**Me gusta**	**Me gusta mucho**
Olor	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
	8.				
	9.				
Color	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
	8.				
	9.				
Sabor	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
	8.				
	9.				

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. Resultados de la mermelada

El desarrollo de una mermelada a base de jocote a nivel laboratorio, representa una alternativa innovadora para el aprovechamiento de este fruto tropical, que posee un alto contenido de vitamina C, antioxidantes y compuestos fenólicos. Durante la etapa experimental se diseñaron nueve formulaciones distintas, variando principalmente el porcentaje de azúcar, la proporción de pulpa de jocote y el tiempo de cocción. Estas variables fueron determinantes en la textura, color, Sabor y vida útil del producto final

El objetivo de estas formulaciones fue obtener una mermelada con alta aceptabilidad sensorial, que cumpliera con los estándares de calidad en cuanto a °Brix y pH. El contenido de azúcar fue uno de los factores más relevantes, ya que influye tanto en la conservación del producto como en su sabor y textura. Se observó que los niveles de azúcar entre 50% y 35% permitieron alcanzar un °Brix superior a 80, lo cual es adecuado para inhibir el crecimiento microbiano y garantizar una vida útil prolongada del producto.

Tabla 8: Formulaciones de mermelada.

Peso inicial (g) Pulpa	Peso final (g) Mermelada.	°Brix inicial. Pulpa.	°Brix final Mermelada.	pH Final.
1706.66	1373.5	11	68	3.8
1149.03	975.2	13	65	3.6
1158.11	1012.43	15	60	4.2
1132.15	1018.12	14	80	3.4
1145.03	1099.78	14	75	3.3
1140.13	935.83	10	50	3.3
1140.1	920.52	11	55	3.6
1138.91	995.41	12	73	4.5
1160.17	1003.82	13	60	4.6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Resultados de la mermelada.

Formulación	Rendimiento (%) Mermelada.
1	80.48
2	84.87
3	87.42
4	89.93
5	96.05
6	82.08
7	80.74
8	87.4
9	86.52

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la textura, las formulaciones con mayor proporción de pulpa (40% a 50%) presentaron una mejor gelificación, debido al contenido natural de pectina en el jocote. Esto permitió lograr una consistencia firme y homogénea. Adicionalmente, se identificó que un tiempo de cocción de 35 minutos fue el más adecuado, ya que permitió una evaporación suficiente del agua sin degradar excesivamente el color ni los compuestos aromáticos.

Las formulaciones 4 y 5 destacaron significativamente en la evaluación sensorial realizada por un panel de 50 personas, quienes calificaron aspectos como color, aroma, sabor y textura. La formulación 5, en particular, fue la mejor valorada, por su aroma fresco y natural, su sabor equilibrado entre dulce y ácido, y su textura suave. La formulación 4 también obtuvo una evaluación excelente, aunque presentó una textura ligeramente más densa debido al contenido de pulpa.

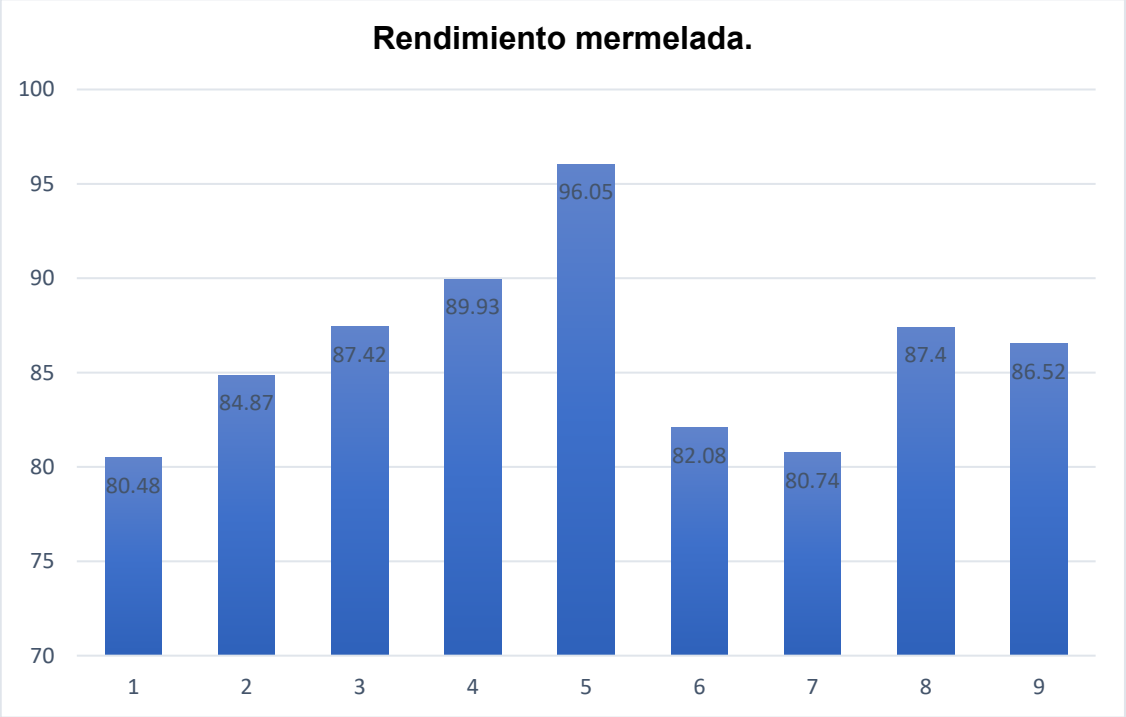


Figura 4: Rendimientos de las nueve formulaciones.

Si bien los resultados obtenidos, a pesar de haberse logrado una mermelada con buena aceptabilidad, se identificaron ciertas limitaciones durante su elaboración, tales como la variabilidad natural de la fruta deseada en cuanto a madurez, contenido de solidos solubles y acidez, provoca ligeras inconsistencias lo que dificulta la estandarización del proceso. También se observaron limitaciones en la disponibilidad de insumos específicos como pectina comercial, lo que obligó al uso de alternativas menos controladas con posibles efectos sobre la vida útil del producto. Una de las principales dificultades fue el control del punto exacto de gelificación para lograr la consistencia deseada. Tomando en cuenta los desafíos técnicos, la producción de mermelada a base de pulpa de jocote representa una oportunidad viable para el fortalecimiento de emprendimientos, siempre que se aborden con enfoque técnico, buenas prácticas y estrategias de sostenibilidad.

5.1.1. Formulación de mermelada a escala laboratorio.

Antes de iniciar con el proceso de elaboración de la mermelada a escala de laboratorio, fue necesario realizar una preparación previa que incluyó la organización y adecuación del entorno de trabajo. Esta etapa inicial resultó fundamental para asegurar condiciones óptimas de higiene y orden, lo cual permite minimizar el riesgo de contaminación durante la manipulación de los ingredientes y el desarrollo de las operaciones unitarias.

Se realizó una limpieza de los equipos, utensilios y superficies, así como la verificación del funcionamiento de los instrumentos que serían utilizados, como balanzas, electrodo y refractómetros, Una vez acondicionado el espacio y preparados los equipos, se realizaron las distintas fases del proceso productivo. Estas se desarrollaron siguiendo una secuencia lógica que fue plasmada en el flujograma de elaboración. Dicho flujograma permite visualizar de manera clara y estructurada cada una de las etapas realizadas, desde la selección y preparación de la materia prima hasta el envasado del producto terminado.

Inspección y selección de materia prima: Se realizó de manera precisa y cuidadosa este proceso de selección e inspección dado que es esencial para garantizar la calidad del producto final, ya que de él depende en gran medida el sabor, color, textura y valor nutricional de la mermelada.

La materia prima fue evaluada visualmente para descartar frutas en mal estado, sobre maduras, con daños físicos o signos de deterioro microbiológico como mohos o fermentaciones. Solo se seleccionaron aquellos que presentaban un grado óptimo de madurez, buena firmeza, color uniforme y sin presencia de contaminantes visibles.

Figura 5: Proceso de Inspección y selección.

Lavado de materia prima: Una vez realizada la selección de la materia prima, se procedió con la etapa de lavado, cuyo objetivo principal es eliminar la suciedad, residuos de tierra, restos vegetales, y posibles contaminantes presentes en la superficie del fruto, este proceso es fundamental para reducir la carga microbiana inicial y prevenir la contaminación cruzada en las etapas posteriores; Para ello, los jocotes seleccionados fueron sumergidos en agua potable limpia y se agitaron suavemente para favorecer la remoción de impurezas adheridas.

Figura 6: Lavado

Escaldado: En este caso, los jocotes fueron escaldados en agua a una temperatura aproximada de 70°C durante un tiempo de 3 a 4 minutos en una plancha de calentamiento, el tiempo y temperatura fueron cuidadosamente controlados para evitar el sobre cocimiento del fruto, lo cual podría afectar negativamente la textura y las características sensoriales del producto final.

Figura 7: Escaldado.

Despulpado: Este proceso, se realizó de forma manual debido al bajo volumen de materia prima, utilizando guantes limpios y utensilios sanitizados para extraer cuidadosamente la pulpa, procurando no arrastrar restos de semillas porque afectan la textura o generan residuos indeseados en la mermelada, la pulpa obtenida fue recolectada en recipientes limpios y pesados para así poder determinar el rendimiento del proceso.

Figura 8: Despulpado.

Formulación: Luego se llevó a cabo la etapa de formulación, en la cual se determinaron y mezclaron los ingredientes necesarios para la preparación de la mermelada, el componente principal en esta fase, además de la pulpa, es el azúcar, que cumple funciones fundamentales como agente edulcorante, conservante natural y formador de la textura característica del producto de tal manera de le agrego agua, canela y clavo de olor.

Figura 9: Proceso de formulación.

Tratamiento térmico: Una vez formulada la mezcla de pulpa de jocote con azúcar y otros ingredientes, esta fue sometida a cocción directa en una olla de acero inoxidable a fuego medio. Durante este proceso, se mantuvo una agitación constante para evitar la caramelización del azúcar y asegurar una cocción uniforme.La cocción se realizó hasta alcanzar un contenido de sólidos entre 75 y 80 °Brix, valor medido con la ayuda de un refractómetro

Figura 10: Proceso de tratamiento térmico.

A continuación se muestra el diagrama de bloques de la elaboración de mermelada, en el cual se define la organización de todo el proceso, sus entradas y salidas. Lo que se desea con el diagrama es indicar la manera en la que se elabora el producto, la cantidad de procesos y como se presenta el producto terminado.

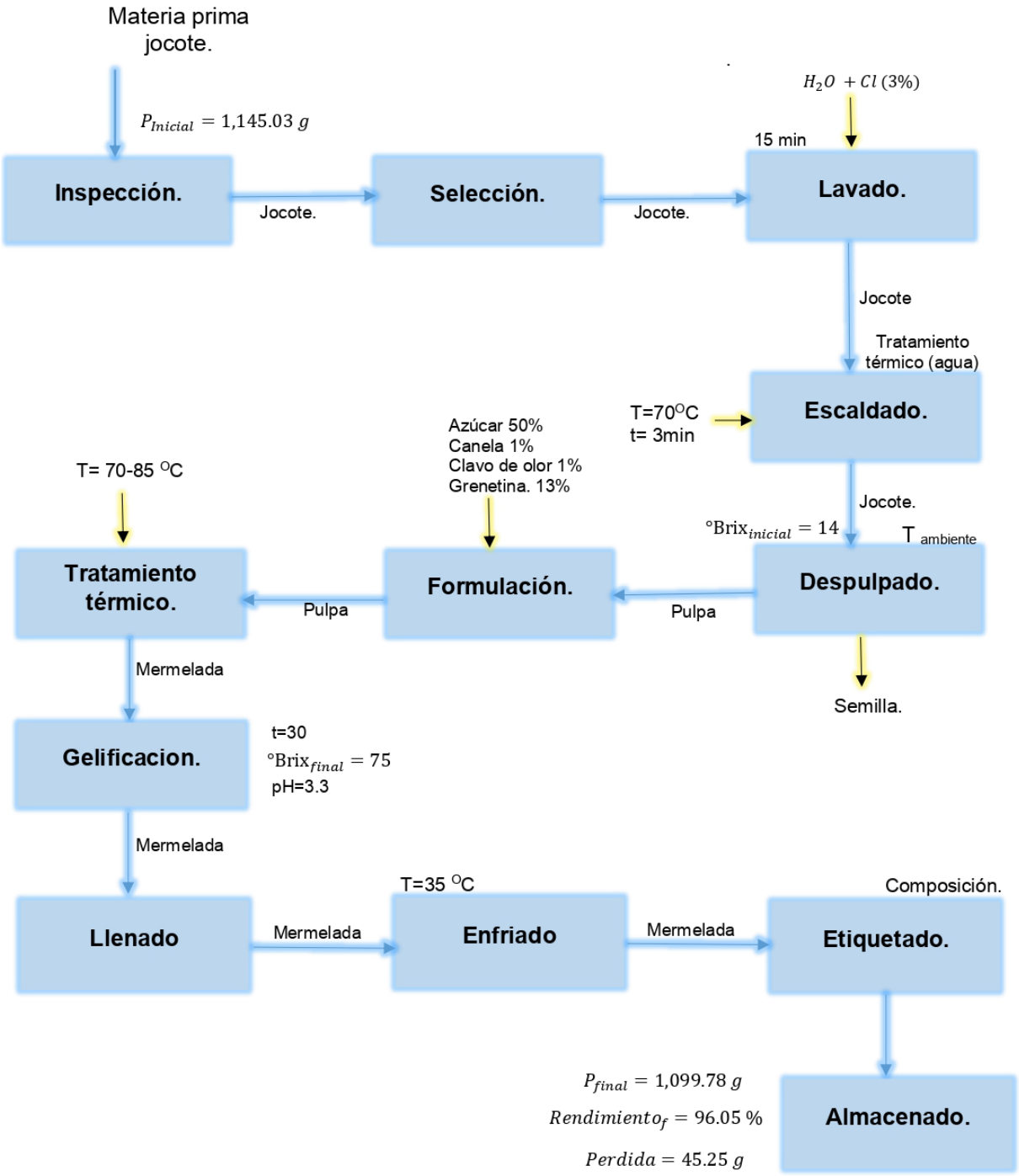


Figura 11: Diagrama de bloques para el proceso de obtención de mermelada.

5.1.2. Aceptación de la mermelada de jocote.

Para evaluar la aceptación de las nueve formulaciones desarrolladas, se aplicó una prueba sensorial afectiva del tipo prueba de preferencia por ordenación, la cual pertenece al subgrupo de pruebas de preferencia. Esta metodología consistió en que los panelistas ordenaran las muestras de mermelada de forma creciente, según su preferencia individual, considerando los atributos de olor, color y sabor. Este tipo de prueba es de gran utilidad en el desarrollo de nuevos productos, ya que permite conocer la preferencia del consumidor y el nivel de aceptación sensorial de las distintas formulaciones evaluadas.

La prueba de preferencia por ordenación fue aplicada a un grupo de panelistas de 50 personas no entrenados, seleccionados de forma aleatoria, con edades comprendidas entre los 17 y 45 años. Este rango de edad representa un segmento diverso de consumidores potenciales, lo cual permite obtener una apreciación más general y realista del nivel de aceptación de las formulaciones evaluadas. La participación de adultos jóvenes y adultos medios resulta especialmente valiosa para productos como la mermelada, que son comúnmente consumidos en el hogar y forman parte de la dieta cotidiana.
Los resultados obtenidos reflejan una clara preferencia hacia las formulaciones 4 y 5, siendo estas las más destacadas entre las nueve muestras evaluadas. A continuación se representan los porcentajes de aceptación obtenidos para cada atributo sensorial:

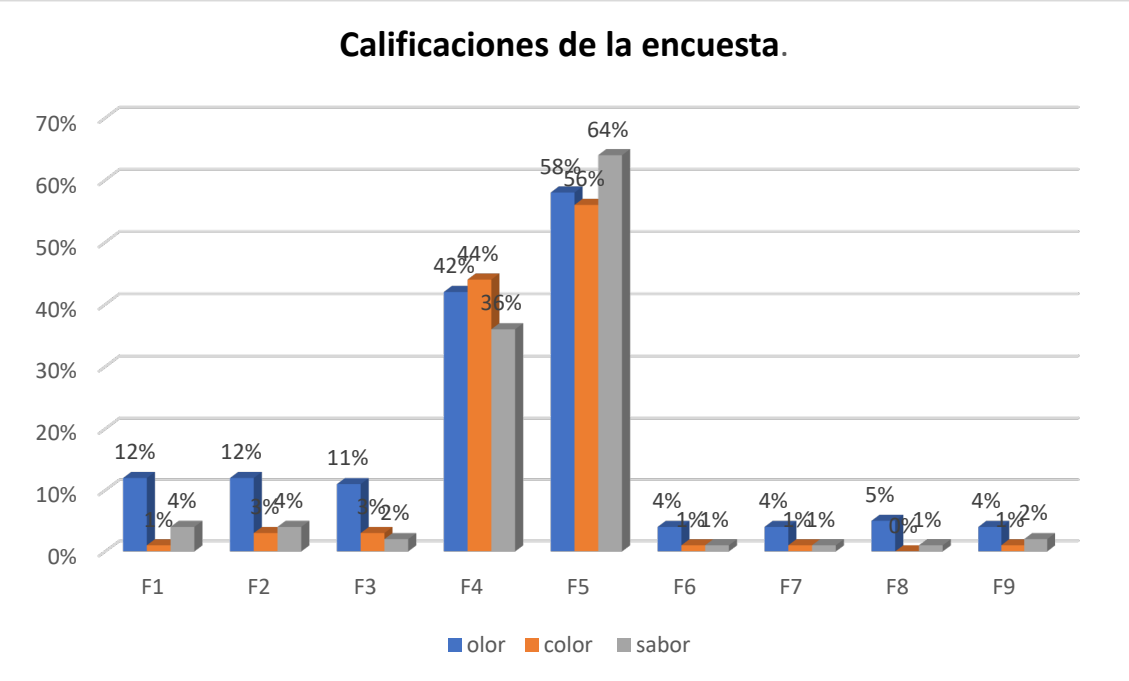


Figura 12: Calificaciones de las nueve formulaciones.

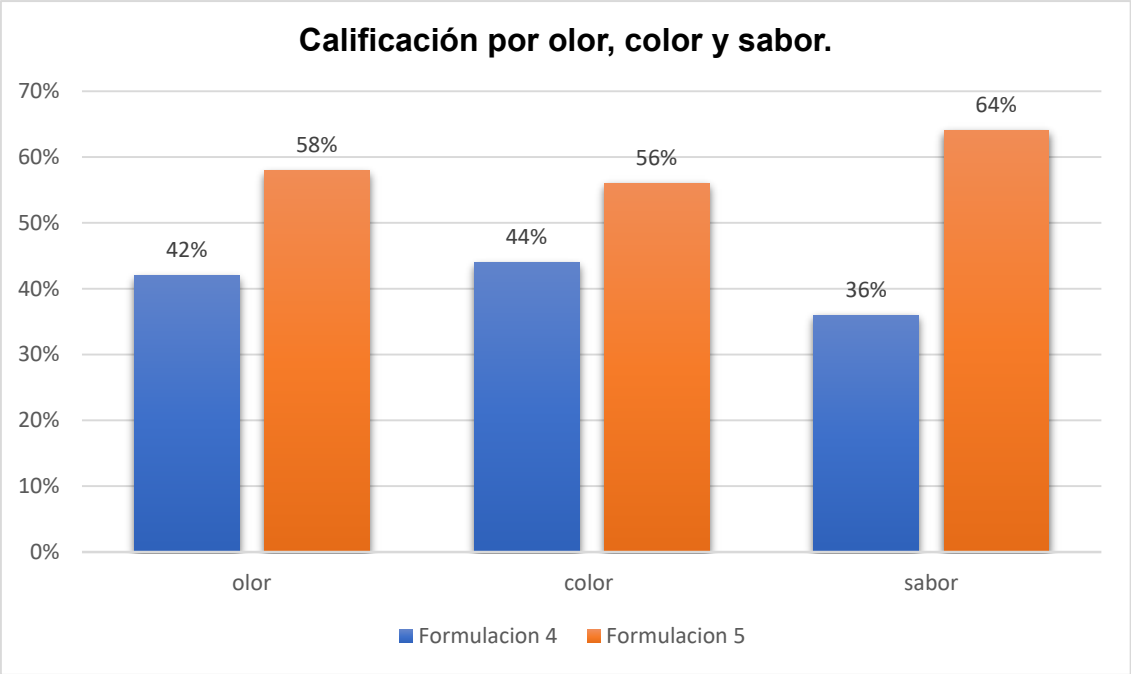


Figura 13: Calificación de las formulaciones 4 y 5.

El análisis permite concluir que la formulación 5 presenta la mayor aceptación general por parte del panel sensorial, siendo superior en todos los atributos evaluados. Esto sugiere que podría tener mejores perspectivas comerciales y mayor agrado sensorial en el mercado objetivo. No obstante, la formulación 4 también mostró niveles relevantes de aceptación, especialmente en olor y color, por lo que podría considerarse como una alternativa con buena aceptación sensorial.

5.2.Resultados de harina.

El proceso de formulación de harina a partir de la pulpa del jocote (*Spondias purpurea*) representó un método clave en el aprovechamiento integral de esta fruta, permitiendo transformar su componente comestible en un producto de alta versatilidad alimentaria. Para este fin, se aplicó un diseño experimental factorial 3^2 que permitió evaluar la influencia de dos variables críticas: la temperatura de secado y el tiempo de procesamiento, sobre el rendimiento, la humedad final y la granulometría de la harina obtenida.

Durante la fase experimental se elaboraron nueve formulaciones, variando los parámetros mencionados. Se observó que las temperaturas entre 55 °C y 65 °C, combinadas con tiempos de secado superiores a 24 horas, permitieron una deshidratación eficiente sin comprometer el color ni el contenido nutricional de la pulpa. Estas condiciones también favorecieron la conservación de compuestos sensibles al calor como la vitamina C y algunos antioxidantes presentes en el fruto.

La granulometría final fue determinada mediante tamizado utilizando un tamiz de 60 mesh (250 µm), de acuerdo con la norma Codex STAN 152-1985. Las

formulaciones que emplearon temperaturas constantes y tiempos controlados lograron un tamaño de partícula homogéneo, cumpliendo con los estándares requeridos para su uso en panificación y repostería. Cabe destacar que los tiempos cortos, inferiores a 15 horas, o temperaturas elevadas por encima de los 70 °C, provocaron una menor eficiencia en el secado, mayor retención de humedad y, en algunos casos, oscurecimiento del producto final debido a reacciones de pardeamiento no enzimático.

En términos de rendimiento, la formulación número 6 con pulpa al 100%, temperatura de 50°C y tiempos entre 12 y 15 horas ofrecieron los mejores resultados, tanto en cantidad de harina obtenida como en calidad sensorial (color, olor y textura). Esto sugiere que un proceso de secado lento y moderado es el más adecuado para preservar las características funcionales de la harina de jocote, que puede ser incorporada a productos como pan, galletas, muffins o tortillas con un valor nutricional mejorado.

Tabla 10: Resultados de la harina.

Formulación	Peso inicial (g) Materia prima.	Peso final (g) Harina.
1	3354.59	1488.3
2	3401.90	2477.90
3	3103.42	1609.45
4	3077.51	1208.97
5	3517.51	2501.37
6	3216.88	2983.10
7	3712.23	2885.41
8	3271.81	2633.18
9	3287.36	1399.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Rendimientos de la harina.

Formulación	Temperatura. (°C) Secado.	Tiempo (hora) Procesamiento.	Rendimiento (%)
1	50	36	44.37
2	60	24	72.84
3	65	26	51.86
4	70	18	39.28
5	60	15	71.11
6	50	13	92.73
7	45	40	77.73
8	55	48	80.48
9	55	26	42.57

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14: Rendimiento de las nueve formulaciones.

El proceso de obtención de harina de jocote se llevó a cabo con éxito, cumpliendo los objetivos planteados en cuanto a la transformación del fruto en un insumo potencialmente aprovechable para la panificación con valor nutricional. Sin embargo, durante su desarrollo se identificaron algunas limitaciones importantes. Entre ellas, las diferentes variedades de jocote, ya que algunas presentan menor cantidad de pulpa, lo que reduce significativamente el rendimiento final de la harina. Así mismo, se observó que un mal manejo de las temperaturas durante la etapa de secado podría comprometer la calidad del producto, ya que temperaturas elevadas pueden provocar la caramelización de los azúcares naturales del fruto, alterando tanto su color como su sabor. Estos aspectos deben ser considerados para la optimización del proceso, especialmente si se busca su aplicación a mayor escala.

5.2.1. Formulación de la harina a escala laboratorio.

Previo al comienzo de producción de harina a nivel de laboratorio, se realizó una limpieza previa y adecuada del espacio de trabajo. Esta fase fue crucial para garantizar condiciones ideales de limpieza y orden, lo que permite reducir al mínimo la posibilidad de contaminación durante el manejo de los componentes y la ejecución de los procesos unitarios.

Para la producción de harina de jocote en un entorno de laboratorio, se comenzó con la selección y recepción de la materia prima, donde se eligieron meticulosamente jocotes frescos, rechazando aquellos que mostraran indicios de daño o contaminación visible. Se llevó a cabo un lavado minucioso con agua potable, con el fin de eliminar residuos de tierra y otras impurezas adheridas a la superficie del fruto. Posteriormente, los jocotes fueron sometidos a un proceso de escaldado, en el que se mantuvieron sumergidos en agua caliente a una temperatura aproximada de 70 °C durante tres minutos, lo que facilitó la posterior separación de la pulpa y ayudó a conservar sus propiedades organolépticas y nutritivas.

Recepción y selección de la materia prima: Este proceso fue realizado de manera meticulosa y atenta, asegurando que únicamente los frutos que presentaban las características óptimas de firmeza, color uniforme y ausencia de defectos físicos fueran considerados para su procesamiento.

Figura 15: Recepción y selección.

Lavado y clasificación: Posteriormente, los frutos seleccionados fueron sometidos a un lavado utilizando agua potable a temperatura ambiente. El lavado se realizó manualmente, asegurando la eliminación de polvo, tierra, residuos vegetales y posibles contaminantes presentes en la superficie del fruto. Esta etapa no solo garantiza una mejor calidad higiénica, sino que también reduce la carga microbiana superficial, minimizando el riesgo de contaminaciones posteriores. Luego del lavado, se realizó una segunda clasificación visual para asegurar que no se procesaran jocotes en malas condiciones que pudieran haber pasado por alto durante la primera revisión.

Figura 16: Proceso de lavado y clasificación.

Escaldado de los frutos: Una vez lavados y clasificados, los jocotes fueron sometidos a un proceso de escaldado. Para ello, se preparó agua potable a una temperatura controlada de aproximadamente 70 °C. Los frutos fueron sumergidos durante un tiempo de 3 a 4 minutos. Este escaldado cumplió dos funciones esenciales: primero, ablandar la pulpa del jocote para facilitar el proceso posterior de despulpado; y segundo, inactivar parcialmente enzimas que podrían deteriorar el producto, además de reducir significativamente la carga microbiana superficial. El tiempo y temperatura fueron controlados para evitar que el fruto perdiera textura o compuestos nutricionales importantes.

Figura 17: Escaldado.

Despulpado manual: Tras el escaldado, se procedió al despulpado de los jocotes, extrayendo con precisión la pulpa de cada fruto y asegurando su separación total de la semilla, durante esta operación, se cuidó de evitar que fragmentos de semilla o restos de cáscara se mezclaran con la pulpa, ya que su presencia podría comprometer la textura, el sabor y la uniformidad de la harina final. La pulpa recolectada fue depositada en recipientes, debidamente pesados para registrar el rendimiento, y conservada bajo condiciones higiénicas estrictas hasta su posterior procesamiento.

Secado controlado de la pulpa: La pulpa de jocote fresca fue extendida en bandejas de acero inoxidable en capas delgadas y uniformes para permitir una deshidratación homogénea. Las bandejas fueron introducidas en un horno programado a una temperatura de 50 °C durante un tiempo total de 13 horas**.** Esta temperatura moderada fue elegida con base en el diseño experimental, ya que permitió conservar de mejor manera las propiedades nutricionales del jocote, como antioxidantes, fibra y compuestos fenólicos, sin llegar a degradarlos. Durante el secado, se realizaron inspecciones periódicas para garantizar que la

pulpa no se quemara ni sufriera oxidaciones indeseadas, asegurando un secado lento, uniforme y de alta calidad.

Figura 18: Proceso de secado.

Triturado de la pulpa deshidratada: Una vez finalizado el secado, la pulpa deshidratada fue retirada de las bandejas y dejada enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente, se procedió a la molienda utilizando un triturador de laboratorio. El objetivo fue obtener un polvo fino, maximizando la ruptura de partículas para favorecer una harina homogénea y de buena manejabilidad. Este proceso fue realizado en lotes pequeños para evitar el recalentamiento del producto, que podría afectar negativamente su calidad.

Figura 19: Triturado.

Tamizado de la harina: Luego de la molienda, el polvo obtenido fue sometido a un tamizado utilizando un tamiz de 60 mesh (250 µm), siguiendo las especificaciones de la norma Codex STAN 152-1985 para harinas de frutas. El tamizado permitió separar partículas gruesas no deseadas, garantizando que el producto final tuviera una granulometría fina y homogénea, ideal para aplicaciones alimenticias, especialmente en panificación, repostería. Las partículas retenidas en el tamiz fueron recolectadas y remolidas para maximizar el aprovechamiento de la materia prima.

Figura 20: Tamizado

A continuación se muestra el diagrama de bloques para la elaboración de harina, con el objetivo de representar de manera clara, ordenada y secuencial del proceso desde la entrada de materia prima hasta el producto final:

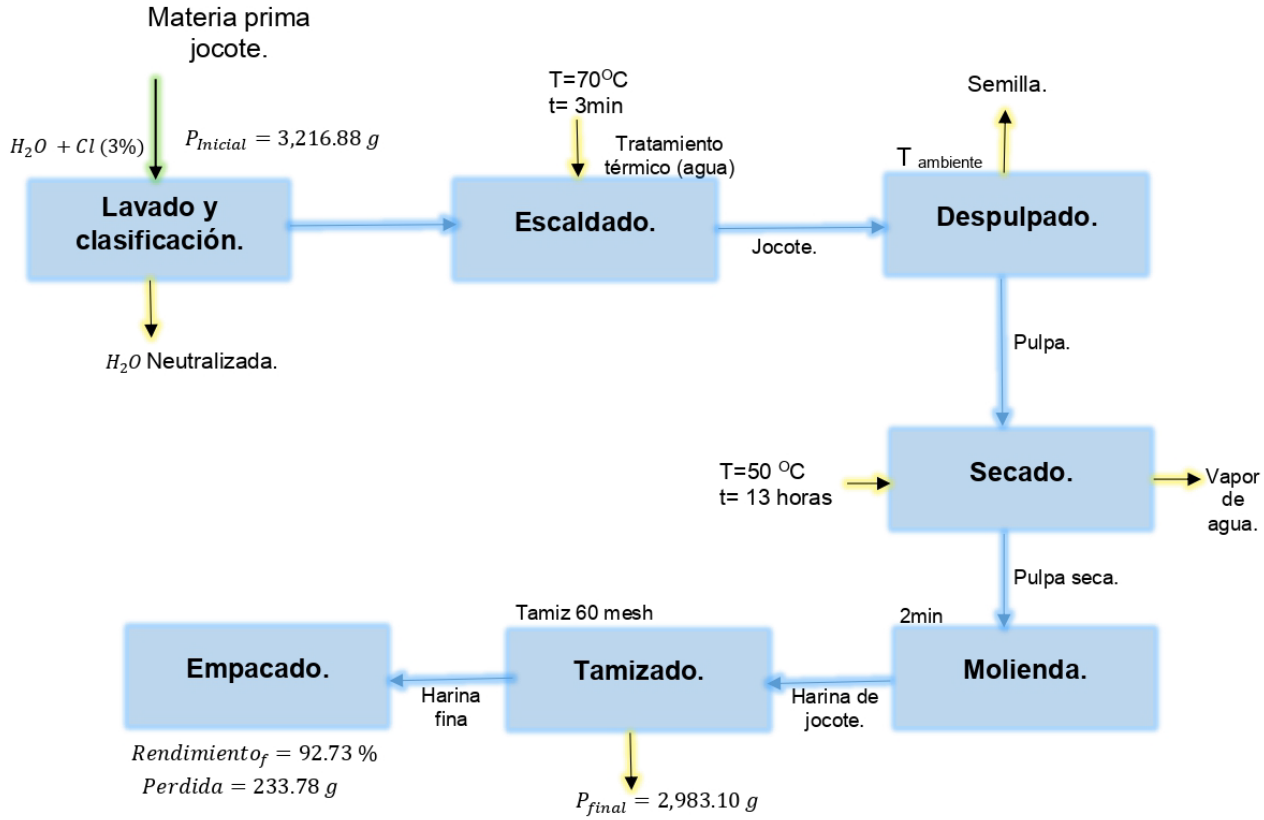


Figura 21: Diagrama de bloques para el proceso de obtención de harina.

5.2.2. Aceptación de la harina de jocote.

En un análisis sensorial llevado a cabo con la participación de 50 panelistas, se evaluó la aceptabilidad de nueve formulaciones de harina empleadas como complemento nutricional en productos de panificación, considerando los atributos de olor, color y sabor.

La formulación 1 presentó una aceptación del 15% en olor, 8% en color y 8% en sabor, mostrando una valoración sensorial moderada. La formulación 2 obtuvo resultados ligeramente inferiores, con 14% en olor, 3% en color y 7% en sabor, lo que refleja una percepción sensorial limitada, especialmente en el atributo visual. La formulación 3 alcanzó un 12% en olor, 14% en color y 5% en sabor, destacando levemente en apariencia, pero con deficiencias en los demás atributos. La formulación 4 mostró una mejora significativa, alcanzando 23% en olor, 20% en color y 15% en sabor, lo que sugiere una mayor aceptación global. La formulación 5 evidenció una respuesta sensorial favorable, con 28% en olor, 26% en color y 29% en sabor, ubicándose entre las formulaciones con mayor preferencia.

La formulación 6 corresponde a la mezcla de 70% de harina de trigo y 30% de harina de jocote, esto explica su alta aceptación sensorial, ya que dicha proporción parece haber logrado un equilibrio óptimo entre las características tecno funcionales del trigo (como volumen, elasticidad y textura) y las propiedades nutricionales y sensoriales aportadas por la harina de jocote (como aroma, color y sabor distintivos). La harina de trigo proporciona la estructura clásica del pan, mientras que el 30% de harina de jocote aporta compuestos bioactivos, sabor afrutado y pigmentos naturales, sin comprometer negativamente la aceptabilidad del producto.

Esta formulación 6 resultó ser la más valorada por los panelistas (39% en olor, 39% en color y 38% en sabor), lo que indica que la incorporación del 30% de harina de jocote no solo fue bien tolerada, sino que mejoró la percepción global del pan frente a otras combinaciones. Esto sugiere que el nivel de sustitución utilizado es adecuado para enriquecer el pan sin afectar negativamente sus propiedades sensoriales, lo que representa una alternativa viable para desarrollar productos de panificación con valor agregado nutricional y potencial funcional.

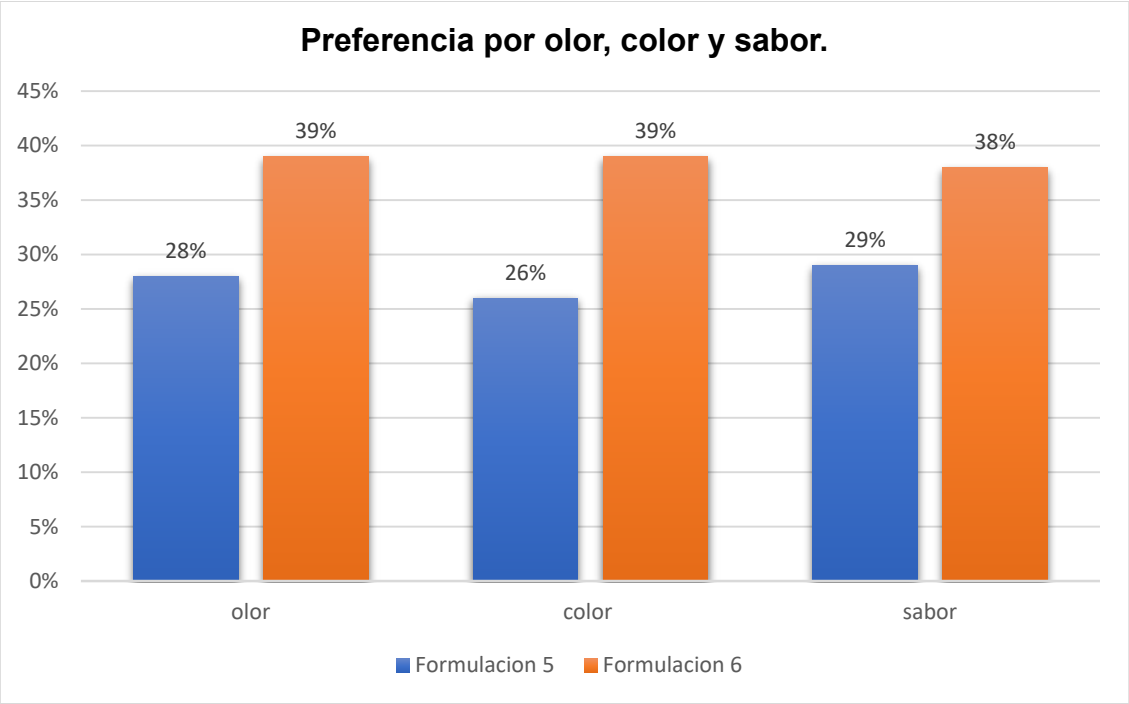


Figura 22: Calificación de las formulaciones 5 y 6.

Por el contrario, las formulaciones 7, 8 y 9 mostraron los porcentajes más bajos de aceptación: 8%, 8% y 3% en olor; 2%, 8% y 7% en color; y 3%, 3% y 2% en sabor, respectivamente, lo que indica una baja preferencia general atribuible posiblemente a deficiencias en formulación o características organolépticas poco atractivas. En conjunto, estos resultados evidencian diferencias marcadas en la percepción sensorial entre las formulaciones evaluadas, destacando la formulación 6 como la más idónea para su potencial aplicación en panificación funcional, dado su alto nivel de aceptación en todos los atributos considerados.

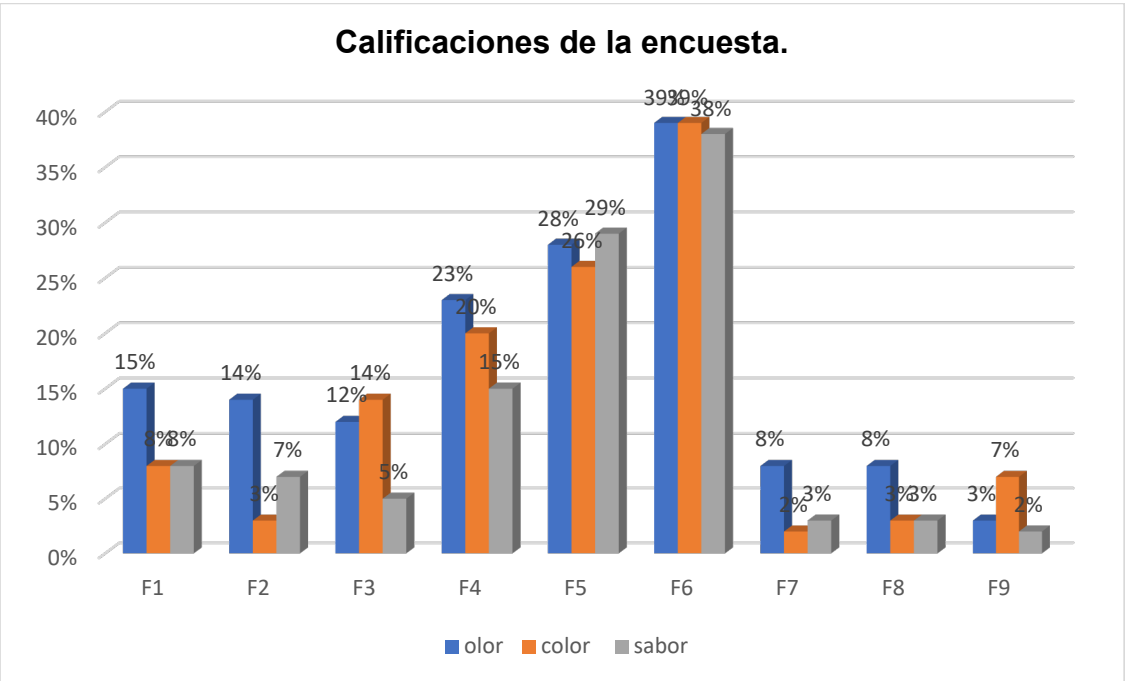


Figura 23: Calificaciones de las nueve formulaciones.

5.3. Resultados de carbón activado.

Para la elaboración de carbón activado a partir de la semilla de jocote a nivel laboratorio; se aplicó el método de activación química, donde se evaluaron dos agentes activantes: ácido nítrico (NHO_3) y ácido fosfórico (H_3PO_4) ambos al 21%, realizando la activación de acuerdo al DOE de experimentos, utilizando únicamente la semilla y el fruto completo para determinar el rendimiento y la capacidad de absorción de esta:

El contenido de humedad es un factor clave que influye directamente en el rendimiento del carbón activado y en la eficiencia del proceso de activación, para esto se utilizó un medidor de humedad, para conocer el porcentaje de humedad en la semilla y en el jocote. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 12: Humedad del jocote.

Materia.	% Humedad.
Semilla.	43.56
Jocote seco.	15.74

Fuente: elaboración propia.

El contenido de humedad del material inicial es un factor determinante en la eficiencia del proceso de activación. La semilla presento un 43.56% de humedad, mientras que el jocote mostro un contenido considerablemente menor de 15,74% esto influye directamente en el rendimiento del carbón activado obtenido. Una alta humedad como la de la semilla implica mayor pérdida de masa durante el calentamiento, así como un mayor consumo energético para la evaporación del agua, esto reduce la cantidad de carbono disponible para activación, por el contrario el bajo contenido de humedad en el jocote seco favorece una activación más eficiente y mejora la carbonización y contribuye a un mayor rendimiento del producto final.

A continuación, se muestra el diseño de experimentos utilizados, donde se miden los parámetros fisicoquímicos del carbón activado para cada uno de las formulaciones:

Tabla 13: Formulaciones del carbón activado.

Formulación.	Material.	Agente activante.	Temperatura. (ºC)	Tiempo(horas)
1	Semilla.	Ácido nítrico 21%	900	30min
2	Jocote seco.	Ácido nítrico 21%	850	30min
3	Semilla.	Ácido fosfórico 21%	500	16horas
4	Jocote seco.	Ácido nítrico 21%	500	30min
5	Semilla.	Ácido fosfórico 21%	500	30min
6	Jocote seco.	Ácido nítrico 21%	1000	30min

Fuente: Elaboración adaptada.

Tabla 14: Resultados de carbón.

Peso inicial (g) Materia prima.	Peso final (g) carbón activado	Rendimiento (%)
126.3	6.71g	5.31
341.14	28.71g	8.41
40.69	13.78g	33.88
98.06	24.50g	24.99
34.42	7.68g	22.32
30.5	5.80g	19.01

Fuente: Elaboración adaptada.

Para calcular el rendimiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$Rendimiento(\%) = \left({}^{peso\ final}/_{peso\ inicial}\right) \times 100$$

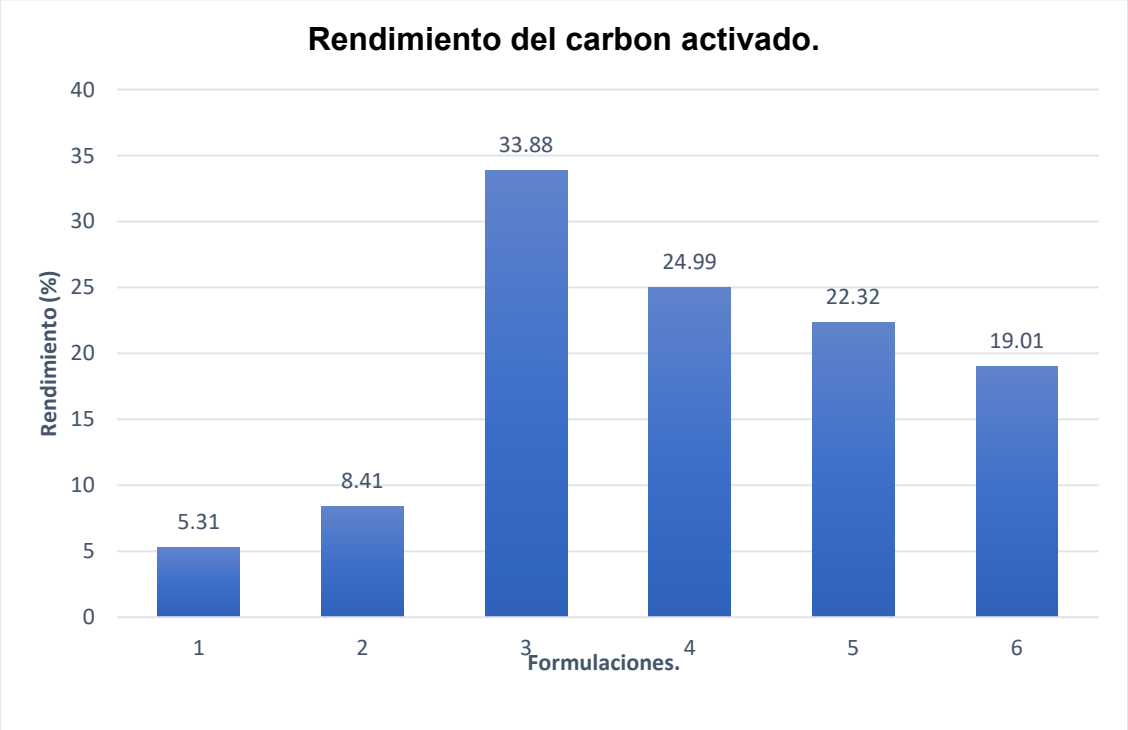


Figura 24: Rendimientos de las formulaciones.

Tomando en cuenta las formulaciones en condiciones similares pero distintos agentes activantes, se observó que el ácido fosfórico (H_3PO_4) genero mejores rendimientos que el ácido nítrico (NHO_3) como se puede observar en la tabla (14). El ácido fosfórico favorece la deshidratación progresiva y la reticulacion de la biomasa, protegiendo la estructura carbonosa y aumentando la estabilidad térmica. Además actúa como templante químico, generando una red porosa más desarrollada. En el ácido nítrico, al ser más oxidante, puede inducir una degradación más agresiva del material lo que reduce el rendimiento aunque podría beneficiar la formación de sitios activos en la superficie.

Las temperaturas elevadas (850 y 900 ºC), utilizadas con ácido nítrico, resultaron en los rendimientos más bajos del estudio (Formulaciones 1 y 2) esto se atribuye a la pirolisis excesiva y a la pérdida masiva de volátiles, lo cual puede conducir incluso a la formación de cenizas en lugar de carbón activado.

En cambio, la formulación con mayor rendimiento (Formulación 3) se logró a 850ºC durante 16horas con ácido fosfórico (H_3PO_4), lo cual indica que a temperaturas moderadas combinadas con tiempos prolongados favorecen una carbonización más lenta y controlada, con menor destrucción de la matriz carbonosa. Este tipo de tratamientos permite la formación de una estructura porosa más estable y eficiente para aplicaciones de adsorción.

Aunque se lograron obtener resultados satisfactorios en la elaboración de carbón activado a partir de la semilla de jocote, durante el proceso se identificaron ciertas limitaciones que pueden influir negativamente en la pureza y calidad del producto final. Una de las principales observaciones fue que un lavado deficiente del carbón activado tras la activación química puede dejar residuos de los agentes activantes (como ácido fosfórico o nítrico), lo cual compromete su pureza y puede interferir con sus propiedades adsorbentes. También una inadecuada regulación de la temperatura y el tiempo de activación térmica pueden resultar en una carbonización incompleta, generando presencia de materia orgánica no carbonizada. Por lo tanto, el control preciso de las variables de operación, es fundamental para garantizar la obtención de un carbón activado con alta calidad.

5.3.1. Formulación de carbón activado a escala laboratorio.

Para la elaboración de carbón activado a nivel laboratorio; Primeramente, se acondiciono el lugar de trabajo, y luego se realizaron las siguientes etapas del proceso como se muestra en la Página (14) se muestra el flujograma del proceso a escala laboratorio.

Medición de humedad de la semilla y jocote seco, para determinar el contenido de agua original de la muestra.

Figura 25: Proceso de medición de humedad de materia prima.

Preparación de ácido nítrico y fosfórico al 21%: esta se realizó mediante dilución de los ácidos concentrados comerciales con agua destilada, calculando la masa requerida del ácido puro, debido a que esta concentración permite una buena penetración del agente activante en la estructura lignocelulosa del material.

Figura 26: Preparación de agentes activantes.

Pesado de materia prima: Se pesaron las cantidades de materia prima para las diferentes formulaciones a realizar

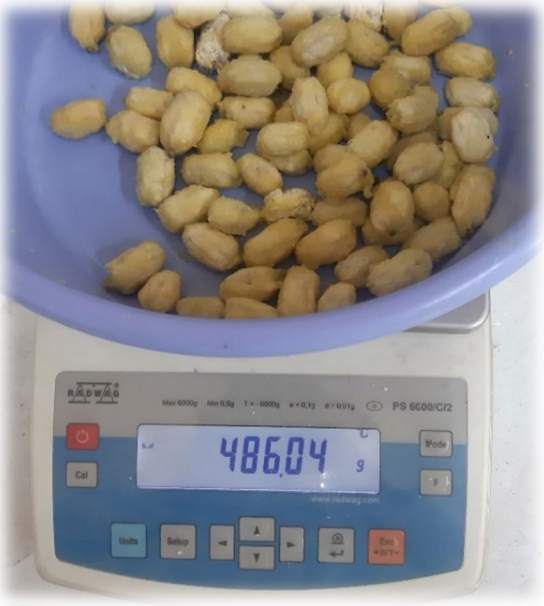


Figura 27: Pesado de materia prima.

Carbonización: Para esto se utilizó una mufla el cual es un proceso de pirolisis que convierte la materia orgánica en carbón aplicando temperaturas altas.

Figura 28: Carbonización.

Trituración: para esta se utilizó un mortero para reducir el tamaño de las partículas del carbón, tomando en cuenta que las partículas más pequeñas exponen mayor superficie interna y externa, lo que multiplica los sitios de adsorción disponibles.

Figura 29: Trituración.

Lavado: Para el proceso de lavado se utilizó cloro al 3% y agua caliente, con el fin de eliminar contaminantes orgánicos o residuos biológicos que puedan estar presentes en la materia prima, o con el fin de desinfectar el carbón dependiendo la aplicación de este.

Figura 30: Lavado.

Secado: Para este proceso se utilizó una plancha de laboratorio, con el fin de eliminar el exceso de humedad, debido a que el material retiene en sus poros y superficie.

Figura 31: Secado del carbón activado.

Prueba de activación con azul de metileno: Esta técnica es muy común para evaluar de forma rápida, la capacidad de adsorción del carbón, especialmente su capacidad para adsorber moléculas de tamaño grande, tomando en cuenta que el azul de metileno su intensidad de color facilita el análisis visual.

Figura 32: Prueba de azul de metileno.

Figura 33: Pruebas realizadas.

A continuación se muestra el diagrama de bloques para la obtención de carbón activado:

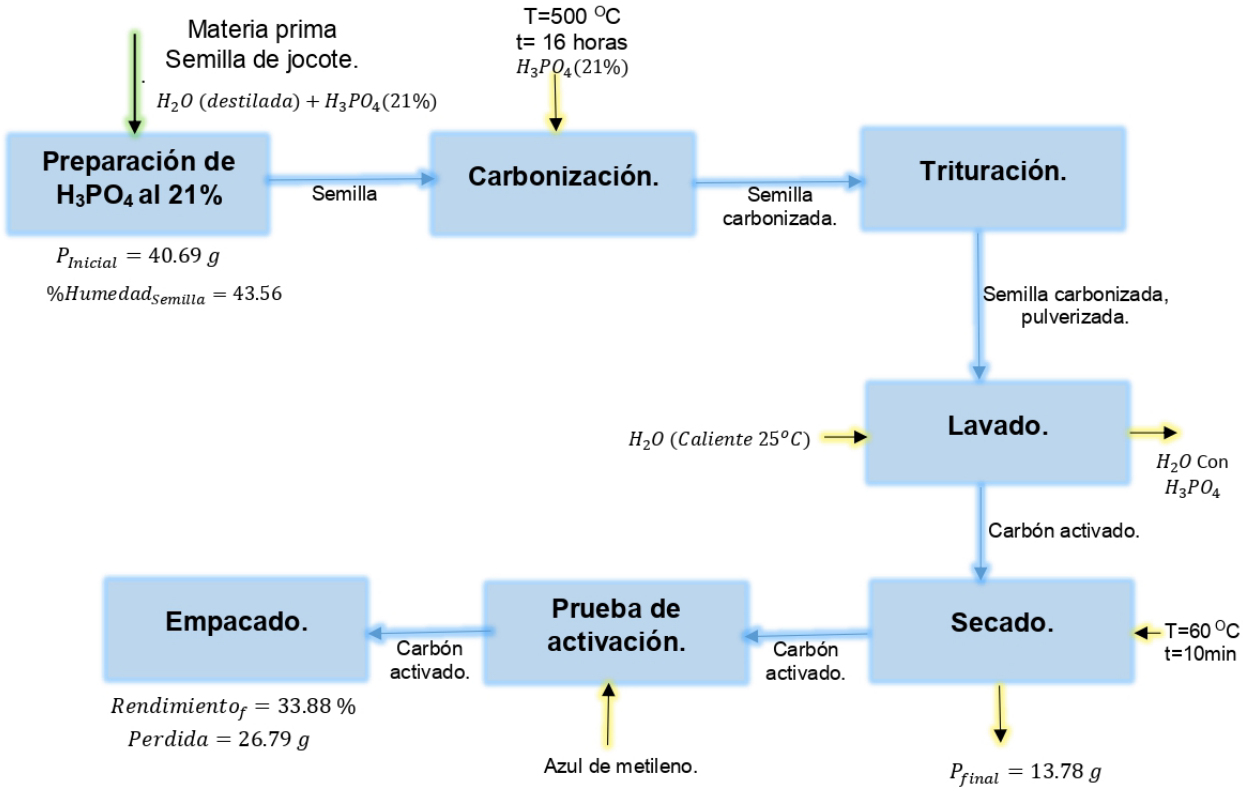


Figura 34: Diagrama de bloques para el proceso de obtención de carbón activado.

5.4.Selección de equipos para planta piloto.

Para la selección de equipos en una pyme dedicada a la elaboración de mermelada, harina y carbón activado, se deben considerar criterios técnicos que aseguren eficiencia operativa, compatibilidad con la tecnología disponible en el mercado y cumplimiento de normativas sanitarias y ambientales. Es fundamental evaluar la capacidad de producción en función de la demanda proyectada, así como la versatilidad del equipo para adaptarse a distintas materias primas y procesos unitarios. Así mismo, se priorizan equipos con bajo consumo energético, facilidad de mantenimiento, disponibilidad de repuestos en el mercado y soporte técnico.

Una vez elaborada la mermelada, harina y carbón activado a nivel laboratorio, los materiales y equipos utilizados fueron a pequeña escala. Esta selección de equipos necesarios para una planta piloto de pequeña escala con capacidad de procesamiento de 20kg por lote, diseñada para operar bajo condiciones semi-industriales, la propuesta considera criterios como eficiencia, y cumplimiento con las normas sanitarias para alimentos y productos funcionales.

Cada etapa del proceso desde la recepción de la materia prima hasta el envasado final ha sido evaluado con base a sus requerimientos específicos, integrando alternativas de bajo consumo energético, equipos multifuncionales y tecnologías apropiadas para microempresas.

- **Mesa de inspección.**

A nivel de planta piloto se consideró que el proceso de inspección de la materia prima, se utilizara una mesa industrial, esta es ideal para clasificación manual, inspección visual y selección de materia prima antes del procesamiento.

La selección de este equipo se basa en el material con que está diseñado es de acero inoxidable el cual es fundamental e importante para la elaboración de productos alimenticios, esta mesa también cuenta con 4 ruedas giratorias de alta resistencia para facilitar la movilidad, y cuenta con un sistema de drenaje con salida de agua o residuos, también cuenta con rejillas o bandeja opcional para separar frutas. Además, opcionalmente es posible una adaptación a otras redes de suministro.

Tabla 15: Especificaciones de la mesa.

Modelo	Mesa de inspección para 4 personas.
Medidas.	1420 x 881 x 878 mm
Peso.	65Kg

Figura 35: Mesa de inspección.

- **Lavadora de frutas.**

En esta operación se hará el lavado de la materia prima después de su clasificación con el fin de asegurar la calidad, inocuidad y rendimiento del producto final, con el objetivo de eliminar impurezas externas de la fruta. Para esto se seleccionó una lavadora de frutas MG-miniwhash, el cual es un equipo compacto y eficiente, ideal para pequeñas y medianas empresas que procesan frutas. Esta diseña para lavar y enjuagar frutas, antes de su procesamiento.

Tabla 16: Especificaciones de la lavadora de frutas.

Capacidad lavado.	30-50kg
Material de construcción.	Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones.	1000mm(largo) x 740mm(ancho) x 1000mm(alto)
Peso	
Consumo eléctrico.	0.5KW
Voltaje.	220V

Figura 36: Lavadora de frutas.

- **Despulpadora.**

La despulpadora permite extraer la pulpa sin dañar la semilla, conservando la materia prima para la elaboración de mermelada, harina y carbón activado. Es un equipo compacto, semiautomático, diseñado para separar pulpa, cáscara y semillas de frutas con alto contenido de fibra y humedad. Su funcionamiento se basa en un cilindro giratorio perforado y un sistema de paletas internas que presionan la fruta contra la criba, permitiendo que la pulpa atraviese los orificios mientras que los residuos sólidos se expulsan por salidas separadas. El jocote tiene una semilla central dura y una pulpa blanda, que requiere separación eficiente.

Tabla 17: Especificaciones de la despulpadora.

Modelo.	MC-2
Peso.	48kg
Capacidad.	100-200Kg
Materiales.	Acero inoxidable en contacto con el alimento.
Tipo de operación.	Manual.
Diámetro criba	2-4mm

Figura 37: Despulpadora.

- **Molino.**

Para la etapa de molienda se utilizara un molino ultra pulverizador YF3-1 es un equipo compacto, eficiente y versátil diseñado para molienda fina y ultra fina para productos secos, su sistema de cuchillas giratorias de alta velocidad permite pulverizar el producto hasta granulometrías entre 10 y 150 mesh, ideal para la producción de harinas o ingredientes en polvo. Lo que la hace ideal para lotes pequeños de producción artesanal o semi-industrial, con un bajo consumo de energético y fácil mantenimiento, apto para laboratorios o plantas pilotos.

Tabla 18: Especificaciones del molino.

Capacidad de molienda.	2-20Kg/h
Potencia del motor.	2200W (Monofásico 220 V)
Velocidad.	3000rpm
Material.	Acero inoxidable AISI 304.
Dimensiones.	240 x 190 x 380mm

Figura 38: Molino ultra pulverizador.

- **Tamizado.**

Para esta operación se utilizara un tamiz vibratorio YUCHENGTECH YX-200 el cual es un equipo compacto y eficiente, diseñado para clasificación y separación de materiales en polvo o granulados, como harinas. Este permite una separación precisa de partículas según el tamaño de malla seleccionado, tomando en cuenta que las partes en contacto con el material son desmontables, facilitando su mantenimiento.

Tabla 19: Especificaciones del tamiz.

Diámetro máximo del tamiz.	200mm
Mallas compatibles.	20-200 mesh
Capacidad de procesamiento.	3Kg por ciclo.
Voltaje.	220 V
Frecuencia de vibración.	1,400rpm
Dimensiones.	350 x 300 x 400mm
Peso.	25Kg

Figura 39: Tamiz.

- **Marmita.**

Para esta operación se utilizara una marmita eléctrica industrial con camisa de 30 a 50 litros, esta es ideal para la cocción controlada de la mermelada, esta tiene un calentamiento indirecto mediante camisa de agua o vapor, evitando el contacto directo del calor con el producto y reduciendo el riesgo de quemaduras o adherencia. Control de temperatura con un termostato ajustable. Y cuenta con un sistema de vaciado grifo de descarga de gran diámetro o sistema de basculación manual o eléctrico, facilitando el vaciado del producto.

Tabla 20: Especificaciones de la marmita.

Capacidad.	30-50l Litros
Material.	Acero inoxidable AISI 304.
Dimensiones.	800 x 700 x 900mm
Potencial eléctrica.	6 y 9kW

Figura 40: Marmita eléctrica.

- **Llenadora.**

Para esta operación se utilizara una maquina llenadora semi automática GK18 diseñada para el llenado preciso de líquidos y productos semi viscosos. Su funcionamiento se basa en un sistema de pistón que permite dosificar volúmenes específicos de producto en cada ciclo de llenado, esta cuenta con un control mediante pedal, lo que permite al operador tener las manos libres para manipular los envases. Su diseño facilita el desmontaje y limpieza de las partes en contacto con el producto.

Tabla 21: Especificaciones de la llenadora.

Rango de llenado.	50-500ml
Velocidad de producción.	1-25 ciclos por minuto.
Presión de aire requerida.	0.4 a 0.9 MPa
Material de construcción.	Acero inoxidable.
Dimensiones.	1140 x 480 x 950mm
Peso.	54Kg
Fuente de alimentación.	110 V

Figura 41: Llenadora semi automática.

- **Selladora.**

Para esta operación se puede aplicar para el sellado de bolsas de carbón activado, y harina. Se utilizara un modelo KS-300 esta es una herramienta esencial para pequeñas y medianas empresas que requieren un sellado eficiente y hermético de bolsas plásticas. Su diseño compacto y operación sencilla la convierte en una opción ideal para el envasado para mermelada, lo que la convierte multifuncional. Esta ayuda a la conservación del producto envasado.

Tabla 22: Especificaciones de la selladora.

Espesor máximo sellado.	0.4mm
Potencia.	350 W
Voltaje.	220 V
Tiempo de sellado.	Ajustable entre 0.2 y 1.5 Segundos.
Dimensiones.	45 x 8.5 x 18 Cm
Peso.	4.5 Kg

Figura 42: Selladora manual.

- **Mufla.**

Para esta operación se utilizara una mufla a escala industrial Serie HCV-Hobersal, la cual es ideal para aplicaciones como carbonización, calcinación, sinterizacion y tratamientos térmicos en procesos agroindustriales o de laboratorio a escala piloto. Esta cuenta con un diseño robusto, y alta precisión térmica.

Tabla 23: Especificaciones de la mufla.

Temperatura máxima.	1,400°C
Volumen interno.	56-2000lt
Elementos calefactores.	Resistencias kanthal NiCr
Peso.	80-150kg
Dimensiones.	60 x 60 x 90 cm

Figura 43: Mufla industrial.

- **Horno de secado.**

Para esta operación se utilizara un horno de secado serie CD este equipo industrial está diseñado para tratamientos térmicos de secado de materiales en los que no se liberen disolventes inflamables. Este equipo ofrece una gama de capacidades y temperaturas, adaptándose a diversas necesidades de producción, este cuenta con un sistema PID con posibilidad de adaptar otros controladores según sus requerimientos.

Tabla 24: Especificaciones del horno de secado.

Temperatura máxima.	350ºC
Volúmenes internos disponibles.	216-8000litros
Medidas internas.	600 x 600 x 600
Medidas externas.	1240 x 1000 x 1310

Figura 44: Horno de secado.

5.4.1. Estimación de costos de los equipos.

Los costos fueron estimados con base en fuentes comerciales reales y actuales. Este enfoque permite una estimación de inversión más cercana al valor del mercado, facilitando la planificación financiera y el diseño de la planta con un nivel de confianza razonable. La estimación de costos se realizó en base a los equipos seleccionados, los cuales fueron adquiridos atraves de la empresa Hobersal y sitios web como: Alibaba, Mercado libre, Amazon y croper. (Ver tabla 25.) Para mayor información precios de los equipos ver anexo 9.4.

Tabla 25: Precio de los equipos.

Equipo.	Costo US$	Proveedor.	Origen.
Mesa de inspección.	1000	Alibaba.	--
Lavadora de frutas.	2,500	Alibaba.	China.
Despulpadora.	980	Croper	Colombia.
Molino.	103	Amazon.	--
Tamiz.	1,292	Alibaba.	China.
Marmita.	2,950	Alibaba.	China.
Llenadora.	1,277	Amazon.	China
Selladora.	22	Alibaba.	China.
Mufla.	6,500	Hobersal.	España
Horno.	1,300	Mercado libre.	México.
Total.	**17,924**		

Fuente: Elaboración adaptada.

5.5.Proceso tecnológico para el diseño de la planta.

A continuación, se describe todo el proceso tecnológico de la elaboración de mermelada y harina a partir de las variedades de jocote disponible en temporada utilizando únicamente la pulpa, y para la elaboración de mermelada utilizando azúcar, canela, clavo de olor y grenetina, y como subproducto del proceso carbón activado a partir de la semilla.

- **Obtención y pesaje de materia prima.**

La materia prima es obtenida de diferentes lugares, respecto a las variedades de jocote estas serán adquiridas de diversos canales, incluyendo mercados tradicionales y distribuidores mayoristas del país que vendrán de varios departamentos como Masaya, Granada y Rivas, debido que se cosecha en grandes cantidades. Así mismo el azúcar para la elaboración de mermelada será suministrada por la empresa Agricorp, Mientras que la canela y clavo de olor serán adquiridos de la empresa Fragancias del caribe, y la grenetina de la distribuidora La Guadalupe. Para la producción de carbón activado se utilizara ácido fosfórico y este será distribuido por la empresa Elquinsa. Una vez que la materia prima llega a las instalaciones de la planta, estas son pesadas en una báscula, para ser seleccionadas para los diferentes procesos.

5.5.1. Proceso tecnológico para la elaboración de mermelada.

A continuación, se muestra el proceso tecnológico de la elaboración de mermelada, con un volumen de producción de 10Kg.

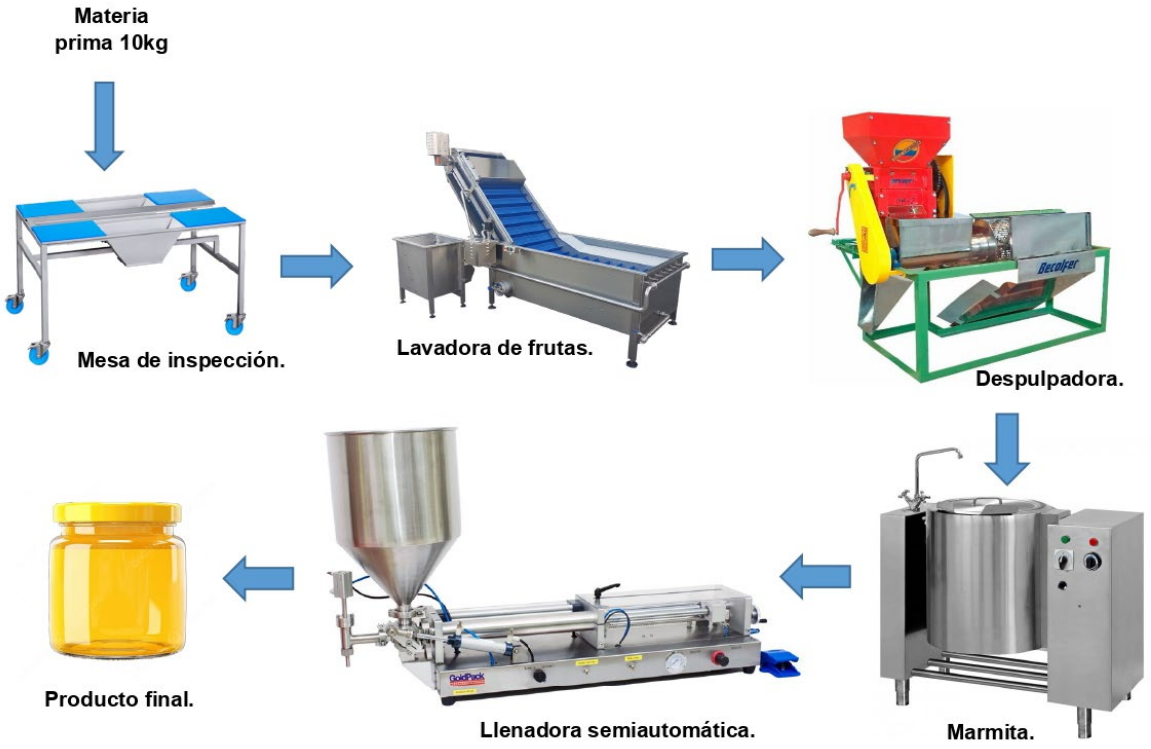


Figura 45: Proceso tecnológico de mermelada.

Tal como se muestra en la Figura 40, el proceso inicia con la pesada de la materia prima (10 kg), seguida de una etapa de inspección manual sobre una mesa de inspección. En esta fase se realiza el control de calidad visual, permitiendo clasificar y retirar frutas en mal estado o con daños visibles, con el fin de garantizar la inocuidad y calidad del producto final. Posteriormente, la fruta seleccionada se traslada a la lavadora de frutas, equipo diseñado para eliminar impurezas superficiales como tierra, residuos orgánicos y carga microbiana. Este proceso asegura una adecuada limpieza previa al tratamiento mecánico.

La fruta lavada se somete a un proceso de despulpado, mediante una despulpadora mecánica que permite la separación eficiente de la pulpa comestible respecto a la semilla, subproducto que pueden destinarse a otras líneas de valor agregado (como producción de carbón activado). La pulpa obtenida es transferida a una marmita industrial con sistema de agitación y control térmico, donde se realiza la formulación. En esta etapa se incorporan ingredientes como azúcar, grenetina, clavo de olor y canela, según la receta estandarizada, y se aplica un tratamiento térmico controlado que permite la concentración, pasteurización y homogeneización de la mezcla.

Finalmente, la mermelada caliente es conducida a una llenadora semiautomática, donde se dosifica y envasa en recipientes esterilizados, asegurando condiciones higiénicas y evitando la contaminación post-proceso. El producto se encuentra así listo para su almacenamiento y distribución.

5.5.2. Proceso tecnológico para la elaboración de harina.

A continuación, se muestra el proceso tecnológico de la elaboración de harina, con un volumen de producción de 10Kg.

Figura 46: Proceso tecnológico de la harina.

Como se ilustra en la Figura 41, el proceso inicia con la pesada de la materia prima (10 kg de fruta fresca), seguida por una etapa de inspección visual en una mesa de selección, donde se descartan frutas en mal estado para asegurar la calidad del producto final. La materia prima seleccionada se somete a un lavado mecánico utilizando una lavadora de frutas, con el objetivo de eliminar residuos de tierra, impurezas y carga microbiana superficial. Posteriormente, la fruta se procesa en una despulpadora mecánica, donde se separa la pulpa, que constituyen la fracción aprovechable para este proceso.

Posteriormente pulpa se introduce en un horno de secado de bandejas, el cual opera a una temperatura controlada de 50 °C durante 13 horas, lo que permite reducir la humedad del material sin degradar sus propiedades nutricionales ni sensoriales.

Una vez seco, el material se procesa en un molino ultrafino tipo pulverizador, que reduce significativamente el tamaño de partícula, generando un polvo fino. Esta

harina es luego sometida a un tamizado con malla de 65 mesh, con el propósito de asegurar una granulometría uniforme, acorde a los estándares de calidad para aplicaciones alimentarias. Finalmente, la harina obtenida se envasa en bolsas de polietileno de baja densidad, utilizando una selladora térmica manual, lo cual garantiza una adecuada conservación del producto, evitando la absorción de humedad.

5.5.3. Proceso tecnológico para la elaboración de carbón activado.

A continuación, se muestra el proceso tecnológico de la elaboración de carbón activado, como parte de un enfoque de aprovechamiento integral de la fruta, la semilla de jocote, obtenida como subproducto durante los procesos de elaboración de mermelada y harina, se emplea como materia prima para la producción de carbón activado.

Figura 47: Proceso tecnológico de carbón activado.

Como parte del enfoque de aprovechamiento integral del jocote, se desarrolló un proceso para la obtención de carbón activado a partir de la semilla de este fruto, considerada un subproducto generado durante la elaboración de mermelada y harina de jocote. El proceso inicia con la recolección y limpieza de las semillas, las cuales son sometidas a una etapa de impregnación química utilizando ácido fosfórico (H_3PO_4) al 21%. Esta impregnación permite modificar la estructura interna del material lignocelulósico, facilitando el desarrollo de poros durante la activación térmica.

Posteriormente, las semillas impregnadas son introducidas en una mufla, donde se lleva a cabo el proceso de carbonización y activación térmica a temperaturas que oscilan entre 500 °C y 900 °C, durante un tiempo de residencia de aproximadamente 16 horas. Esta etapa es crucial para la formación de la

estructura porosa característica del carbón activado. Una vez concluida la activación térmica, el material carbonizado se somete a un proceso de trituración mediante un molino de alta velocidad, con el objetivo de reducir su granulometría y facilitar su manipulación en etapas posteriores. Luego, el material es lavado con una solución de hipoclorito de sodio (cloro) al 3% y con agua caliente, con el fin de eliminar impurezas y residuos de reactivos químicos.

El siguiente paso consiste en el secado del carbón activado, el cual se realiza en un horno a temperatura controlada, asegurando la eliminación de humedad residual. Una vez seco, se llevan a cabo pruebas de adsorción utilizando azul de metileno para evaluar la capacidad adsorbente del producto, garantizando que cumpla con los estándares de calidad establecidos.

Finalmente, el carbón activado se envasa en bolsas herméticas y se sella utilizando una selladora térmica, obteniendo así el producto final listo para su almacenamiento, distribución o aplicación.

VI. CONCLUSIONES.

- El análisis fisicoquímico y nutricional de las variedades de jocote utilizadas demuestra que esta esta fruta posee un alto aprovechamiento integral y sostenible. La pulpa, por su elevado contenido de azúcares, acidez y compuestos bioactivos, se presta eficientemente para la elaboración de mermelada, harina y carbón activado. Estos productos con valor agregado, no solo representa una estrategia tecnológicamente viable, sino también una alternativa sostenible con beneficios económicos, ambientales y nutricionales.
- En el proceso de elaboración de mermelada a escala laboratorio, se desarrollaron nueve formulaciones, evaluando variables fisicoquímicas fundamentales como el contenido de solidos solubles, pH y consistencia de la mermelada. La formulación número cinco resulto ser la más adecuada, destacando por alcanzar un °Brix inicial de 14, debido al contenido de azúcar natural que posee la fruta (Jocote de verano). Logrando como resultado final un °Brix final de 75, cumpliendo con los parámetros establecidos. Así mismo se obtuvo un pH final de 3.3, óptima para garantizar la estabilidad microbiológica del producto. Logrando una textura firme y homogénea, lo que valida su potencial con un rendimiento del 96.05%.
- Se evaluaron nueve formulaciones para el desarrollo de una harina de jocote como complemento nutricional en panificación. La formulación 6 fue la más eficiente, procesada mediante secado convectivo a 50 °C durante 13 horas, obteniendo un rendimiento del 92.73% y una granulometría adecuada conforme a la norma CODEX STAN, utilizando un tamiz de 60 mesh. Su incorporación en una matriz alimentaria se validó mediante una prueba sensorial aplicada a 50 panelistas, empleando una galleta formulada con un 70% de harina de trigo y 30% de harina de jocote. El producto presentó alta aceptabilidad sensorial, destacando un perfil organoléptico equilibrado. La inclusión de la harina de jocote mejoró el perfil nutricional del producto, aportando aminoácidos esenciales y compuestos bioactivos, lo que respalda su viabilidad como ingrediente funcional en productos de panificación y repostería.
- Se evaluó el potencial de la semilla de jocote para la producción de carbón activado, Desarrollando seis formulaciones utilizando dos agentes activantes: ácido nítrico y ácido fosfórico al 21%, la semilla de jocote demostró un alto potencial para la producción de carbón activado mediante activación química. La formulación más eficiente fue la número 3, utilizando ácido fosfórico al 21%, con tratamiento térmico a 500 °C durante 16 horas, condiciones que permitieron una carbonización controlada y preservación de la matriz carbonosa. La prueba con azul de metileno evidenció una buena capacidad de adsorción, confirmando la viabilidad del material como adsorbente en aplicaciones ambientales.
- La selección de los equipos se realizó con base en el volumen de producción por lote, el tipo de tecnología disponible en el mercado y el tiempo requerido para el procesamiento de la materia prima. Estos criterios permitieron identificar los equipos más adecuados para cada etapa del proceso. La estimación de costos y especificaciones técnicas se llevó a cabo mediante consultas a diversas empresas proveedoras, extranjeras, con el fin de garantizar eficiencia operativa y viabilidad económica del proyecto.

VII. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda mantener controlada la temperatura durante la elaboración de harina para evitar la caramelización de los azucares.

- Para la obtención de un buen punto de gelificación se recomienda mezclar el azúcar y la grenetina en frio para obtener un producto más homogéneo.

- Se recomienda estandarizar el monitoreo de Ph, °Brix, humedad y acidez en cada etapa de procesamiento, ya que el estudio demostró que pequeñas variaciones en estos valores impactan directamente en la estabilidad y funcionalidad del producto.

- Para evitar la formación de cenizas durante la activación del carbón, es crucial controlar la temperatura de manera precisa.

- Comparar el rendimiento del carbón activado de semilla de jocote con otros carbones activados comerciales para determinar su viabilidad y competitividad.

- Investigar el uso del carbón activado en las diferentes industrias alimentarias y farmacéuticas en las cuales se pueda aplicar, como agentes de decoloración, purificación o aditivo, así mismo, estudiar su viabilidad debido a su propiedad adsorbente.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

Alonso, A. L. (2009). *Mas allá del trigo.* España. Obtenido de https://www.abc.es/recetasderechupete/tipos-de-harina-clasificacion/25251/

Ariza, A. M. (2012). *Desarrollo de carbones activados apartir de residuos lignocelulosicos para absorción y recuperación de Tolueno y N-Hexano.* Villanueva de Gallego, provincia de Zaragoza, Aragon. Obtenido de https://core.ac.uk/reader/36111540

Betsayda, V. R., Roddy Argenio, M., Cevallos Cedeño , R., & Burgos Briones, G. (2022). *Residuos lignocelulósicos y método de produccion del carbon activado.* Ecuador. Obtenido de https://minerva.autanabooks.com/index.php/Minerva/article/download/87/259/

Cáceres, V., Omega , D., Urey, L., Pérez, F., Saavedra, D., & Guerrero, S. (2011). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON).* Nicaragua.: ICS 67.060. Obtenido de https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/ACTUALIZACION%20051217/Secci%C3%B3n%20Inocuidad%20Frutas%20y%20Vegetales/NTON%2003%20096-11%20Harina%20de%20Ma%C3%ADz%20y%20S%C3%A9mola%20de%20Ma%C3%ADz%20sin%20Germen..p

Cando, W. G. (2022). *Caracterizacion de la harina de arroz (oryza sativa) para su utilizacion en la industria de la panificación.* Escuela superior politécnica de chimborazo facultad de ciencias pecuarias carrera ingeniería en industrias pecuarias, Ecuador. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17802/1/27T00547.pdf

Carbotecnia. (2023). *Para que sirve el carbón activado.* España. Obtenido de https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/#Para-que-sirve-el-carbon-activado

Cortez, D. (2016). *Proceso de desarrollo de la harina de camote.* Peru. Obtenido de https://es.slideshare.net/dancocortezcortez

Fernández, I. C. (2020). *Todo lo que debes saber sobre las harinas.* España. Obtenido de https://cooperativasimbiosis.com/harinas/

Figueroa, N. M. (2004). *Establecimiento y caracterización dendrológica de los cultivares clónales de jocote (spondias purpurea) y spondias bombin (jobo), en los departamentos de Granada y Masaya, Nicaragua.* Tesis, Managua. doi:https://repositorio.una.edu.ni/1044/1/tnf30o65.pdf

Klimo, I. V. (2006). *Guia tenica manejo de poscosecha del jocote (spondias purpurea).* Ministerio de agricultura y ganaderia, El Salvador. Obtenido de https://generalidadesdejocote.blogspot.com/2014/

MEFCCA. (2023). *Cartilla cultivo de jocote.* Nicaragua. doi:https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento6127441.pdf

MEFCCA. (2023). *Manual de cultivos de frutas en Nicaragua.* Nicaragua. doi:https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento6986627.pdf

Ochoa, K. R. (2017). *Obtención De Carbón Activado A Partir De La Cáscara Del Fruto De La Calabaza (Curcubita Ficifolia Bouchë).* Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad De Ciencias, Lima, Peru. doi:https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d7cdc640-2314-4036-aeb4-10c823191c04/content

Ortez, D. E., & Reyes Diaz, M. (2007). *Determinacion preliminar de crecimiento de rebrotes en diferentes cultivares clonales de jocote (spondias purpurea y spondias mombin), en el arboretum de la universidad nacional agraria, Managua.* Tesis, Universidad Nacional Agraria, Managua. doi:https://repositorio.una.edu.ni/1106/1/tnf02p293.pdf

Pérez Maldonado, C. B., Reyes Silva, D. A., & Suncin Ocón, I. Y. (2017). *Optimización Del Proceso De Elaboración De Mermelada De Piña (Ananas Comusus), En La Cooperativa Multisectorial De Mujeres Unidas Fé Y Esperanza R.L., Ubicada En La Comunidad De Chacraseca De La Ciudad De León.* , Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.., León. doi:http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6725/1/240086.pdf

Pino, R. d. (2018). *Carbon activado.* Madrid. Obtenido de https://www.ferrovial.com/es/stem/carbon-activado/

Ramos, O. J. (2015). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa procesadora de mermelada de mandarina en el cantón Patate, provincia de*

Tungurahua, año 2014. Tesis, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Administración De Empresascuela De Ingeniería Financiera Y Comercio Exterior, Ecuador. doi:http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11179/1/52T00336.pdf

Renata, J. J. (Agrocadena del jocote (Spondias purpurea)). Costa Rica. Obtenido de https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10272.pdf

Reyes Silva, D. A., Perez Maldonado., C. B., & Sunci Ocón, I. Y. (2017). *Optimizacion del proceso de elaboracion de mermelada.* León. Obtenido de http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6725/1/240086.pdf

Solano, M. L., Valle Laguna, C., & Vallestero Mayorga, S. (2019). *Tratamiento de aguas residuale del proceso de curtido en tenerias de la ciudad de León, mediante un proceso de absorcion con biomasa.* León.

Vallejo, C. M. (2013). *Desarrollo de un prototipo de confitura de Jocote (Spondias purpurea) para el municipio de Pespire, Departamento de Choluteca, Honduras.* Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras., Choluteca. Obtenido de https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/cee45023-14d8-4ae5-9745-345e4d12cbd2/content

IX. ANEXOS.

9.1. Análisis físicos generales.

Tabla 26: Determinación de acidez (mermelada).

Formulación	Volumen NaOH (ml)	Acidez (%)
1	21.0	3.15
2	22.3	3.30
3	23.5	3.45
4	20.7	3.00
5	24.5	3.60
6	20.0	3.75
7	17.6	2.85
8	19.5	3.90
9	18.8	2.70

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de hierro (harina)

1. Medir exactamente 10 ml de la solución preparada de harina de jocote y verterlos en dos viales de vidrio.
2. En uno de los viales se coloca únicamente 10 ml de agua destilada para preparar el blanco.
3. Encender y poner a calentar el espectrofotómetro HACH, programando el temporizador a 3 minutos para el análisis.
4. Introducir el vial con el blanco en el espectrofotómetro para realizar una calibración inicial, asegurando que la absorbancia base esté ajustada.
5. Agregar un sobre del reactivo FerroVer (fenantrolina) al segundo vial que contiene la muestra, el cual reaccionará con el hierro presente.
6. Agitar vigorosamente el vial con la muestra y el reactivo para garantizar la mezcla completa y uniforme del complejo ferrofenantrínico.
7. Esperar los 3 minutos necesarios para que la reacción alcance su punto final con estabilidad de color.
8. Retirar el vial con el blanco del espectrofotómetro para dar lugar a la medición de la muestra reaccionada.
9. Introducir el vial con la muestra en el instrumento para registrar la absorbancia correspondiente.

Tabla 27: Determinación de hierro.

Formulación	Reactivo FerroVer (mg)	Volumen Muestra (ml)
1	1.0	10
2	1.5	10
3	1.0	12
4	0.8	10
5	1.0	8
6	1.3	10
7	1.0	10
8	1.5	15
9	1.0	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Determinación de absorbancia.

Tiempo de Reacción (min)	Absorbancia	Concentración Fe (mg/L)
3	0.230	0.46
3	0.255	0.51
3	0.240	0.48
3	0.215	0.43
3	0.200	0.48
4	0.260	0.52
2	0.210	0.42
3	0.275	0.54
3	0.235	0.47

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de fosforo

Para el análisis, inicialmente se inserta el vial preparado con el blanco en el espectrofotómetro HACH. Se programa el temporizador del equipo para un tiempo de 2 minutos, que corresponde al periodo necesario para estabilizar la medición y compensar cualquier interferencia base.

Simultáneamente, al segundo vial con los 10 ml de muestra se le añade un sobre del agente fosfanato. Es importante realizar una agitación suave y completa del vial para asegurar la disolución total del reactivo y favorecer la reacción homogénea con el fósforo presente en la muestra.

El temporizador se deja correr durante los 2 minutos establecidos para permitir la formación completa del complejo coloreado. Este tiempo es clave, ya que una reacción insuficiente puede provocar lecturas inexactas por formación parcial del complejo, mientras que tiempos excesivos podrían causar degradación o interferencias.

Tabla 29: Determinación de fosforo.

Formulación	Fosfanato (%)	Concentración de fosforo (mg/kg)
1	0.0	150
2	1.0	280
3	2.0	420
4	3.0	560
5	4.0	690
6	5.0	840
7	60	970
8	7.0	1120
9	8.0	1250

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Determinación de nitratos y nitritos

Formulación	Concentración Nitrato (mg/L)	Concentración Nitrito (mg/L)
1	25.4	0.85
2	18.7	1.10
3	30.2	0.63
4	22.8	1.45
5	19.5	0.78
6	24.3	0.95
7	21.7	1.20
8	28.1	0.88
9	20.9	1.05

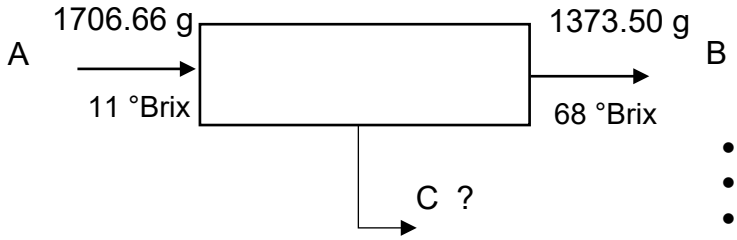
Fuente: Elaboración propia.

9.2. Balances de materia a escala laboratorio.

9.2.1. Mermelada.

Tabla 31: Formulación 1 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	50
Azúcar (%)	40
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	8



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

$m_{entrada} = 1706.66$ g

$m_{salida} = 1372.50$ g

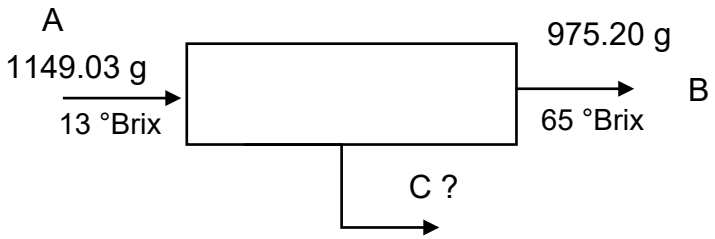
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1706.66 - 1373.50$$
$$C = 333.16\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1373.50g}{1706.66} \times 100 = 80.48$$

Tabla 32: Formulación 2 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	55
Azúcar (%)	35
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	8



$$m_{entrada} = 1149.03 \text{ g}$$

$$m_{salida} = 975.20 \text{ g}$$

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1149.03 - 975.20$$
$$C = 173.83\ g$$

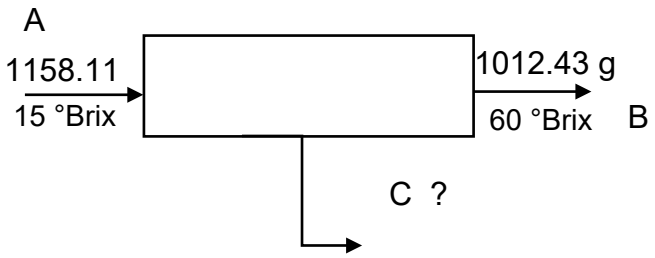
- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{975.20}{1149.03} \times 100 = 84.87$$

Tabla 33: Formulación 3 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	60
Azúcar (%)	35
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	3



$$m_{entrada} = 1158.11 \text{ g}$$

$$m_{salida} = 1012.43 \text{ g}$$

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1158.11 - 1012.43$$
$$C = 145.68\ g$$

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

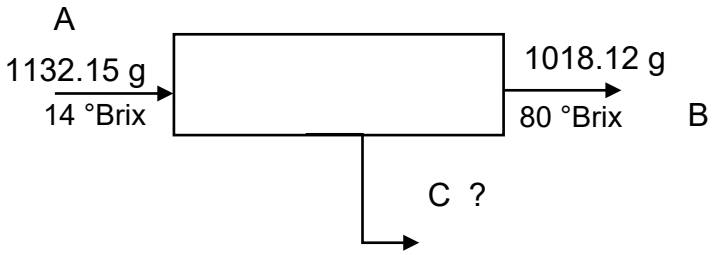
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1012.43}{1158.11} \times 100 = 87.81$$

Tabla 34: Formulación 4 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	40
Azúcar (%)	50
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	8

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.



$m_{entrada} = 1132.15$ g

$m_{salida} = 1018.12$ g

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1132.15 - 1018.12$$
$$C = 114.03\ g$$

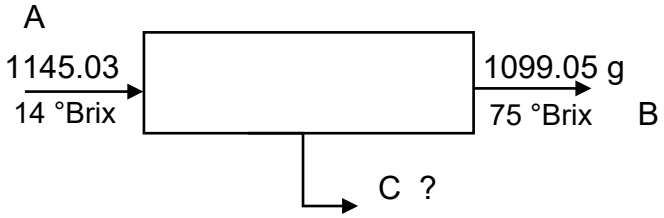
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1018.12}{1132.15} \times 100 = 89.93$$

Tabla 35: Formulación 5 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	50
Azúcar (%)	35
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	13

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.



$m_{entrada} = 1145.03$ g

$m_{salida} = 1099.05$ g

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1145.03 - 1099.24$$
$$C = 45.25\ g$$

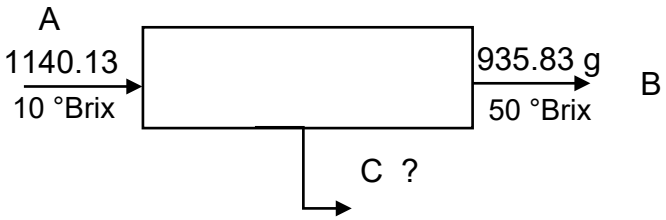
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1099.05}{1145.03} \times 100 = 96.05$$

Tabla 36: Formulación 6 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	45
Azúcar (%)	45
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	8

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.



$m_{entrada} = 1140.13\ \text{g}$

$m_{salida} = 935.83\ \text{g}$

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1140.13 - 935.83$$
$$C = 150.24\ g$$

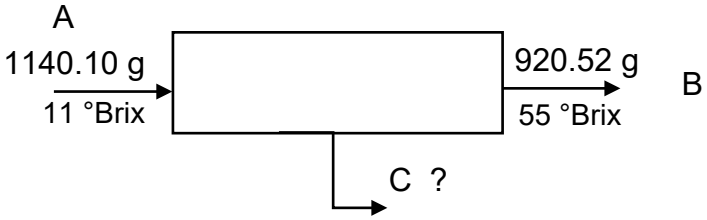
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{935.83}{1140.13} \times 100 = 82.74$$

Tabla 37: Formulación 7 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	45
Azúcar (%)	40
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	13

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.



$m_{entrada} = 1140.10\ \text{g}$

$m_{salida} = 920.52\ \text{g}$

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1140.10 - 920.52$$
$$C = 219.58\ g$$

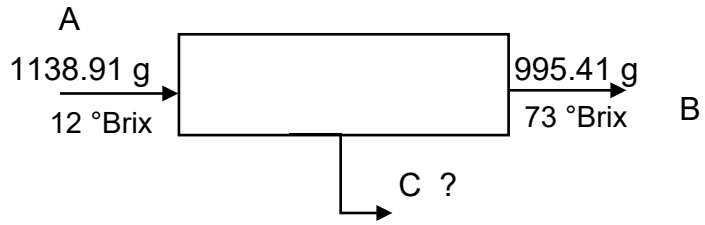
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{920.52}{1140.10} \times 100 = 80.74$$

Tabla 38: Formulación 8 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	35
Azúcar (%)	50
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	13

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.



$m_{entrada} = 1138.91$ g

$m_{salida} = 995.41$ g

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1138.91 - 995.41$$
$$C = 143.05\ g$$

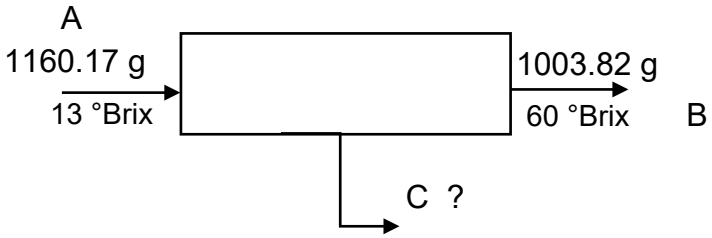
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{995.41}{1138.91} \times 100 = 87.40$$

Tabla 39: Formulación 9 mermelada.

Pulpa de jocote (%)	65
Azúcar (%)	20
Canela	1
Clavo de olor	1
Grenetina (%)	13

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.



$m_{entrada} = 1160.17$ g

$m_{salida} = 1003.82$ g

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 1160.17 - 1003.82$$
$$C = 156.35\ g$$

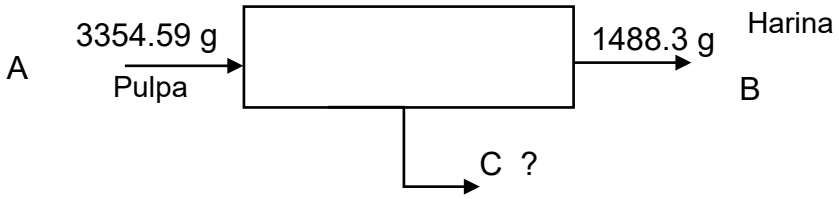
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1003.82}{1160.17} \times 100 = 86.52$$

9.2.2. Harina.

Tabla 40: Formulación 1 harina.

Temperatura. (ºC)	50
Tiempo (hora)	36
m entrada	3354.59
m salida	1488.3



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

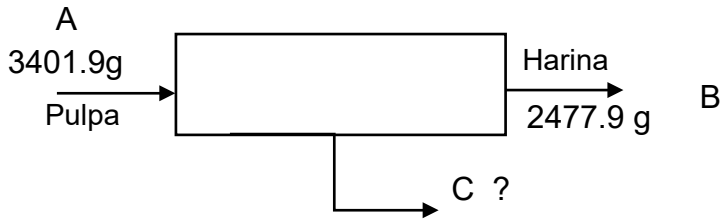
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3354.59 - 1488.3$$
$$C = 1866.29\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1488.3}{3354.59} \times 100 = 44.37$$

Tabla 41: Formulación 2 harina.

Temperatura. (ºC)	60
Tiempo (hora)	24
m entrada	3401.9
m salida	2477.9



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

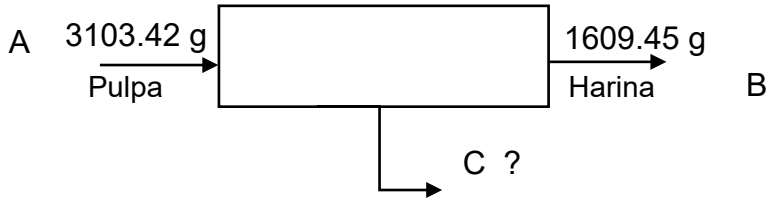
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3401.9 - 2477.9$$
$$C = 924\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{2477.9}{3401.9} \times 100 = 72.84$$

Tabla 42: Formulación 3 harina.

Temperatura. (°C)	65
Tiempo (hora)	26
m entrada	3103.42
m salida	1609.45



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

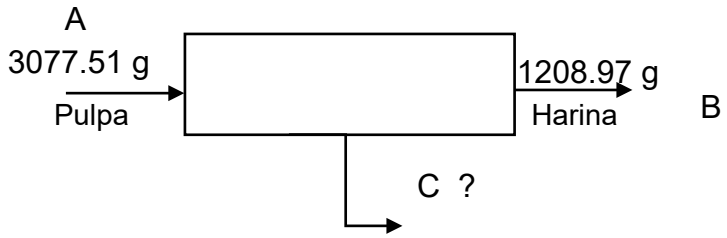
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3103.42 - 1609.45$$
$$C = 1493.93\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1609.45}{3103.42} \times 100 = 51.86$$

Tabla 43: Formulación 4 harina.

Temperatura. (°C)	70
Tiempo (hora)	18
m entrada	3077.51
m salida	1208.97



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

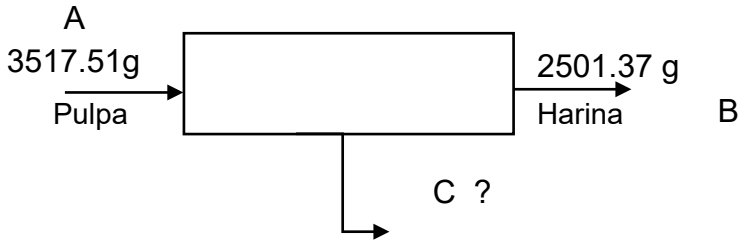
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3077.51 - 1208.97$$
$$C = 1868.54\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1208.97}{3077.51} \times 100 = 39.28$$

Tabla 44: Formulación 5 harina.

Temperatura. (ºC)	60
Tiempo (hora)	15
m entrada	3517.51
m salida	2501.37



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

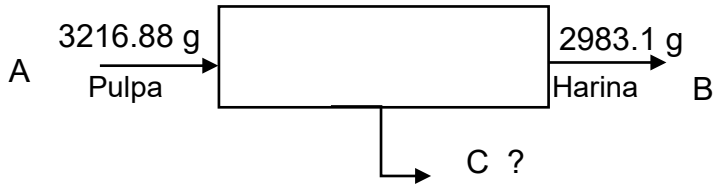
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3517.51 - 2501.37$$
$$C = 1016.14\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{2501.37}{3517.51} \times 100 = 71.11$$

Tabla 45: Formulación 6 harina.

Temperatura. (ºC)	50
Tiempo (hora)	13
m entrada	3216.88
m salida	2983.1



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

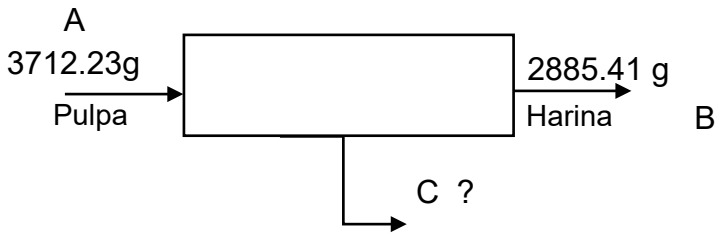
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3216.88 - 2983.1$$
$$C = 233.78\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{2983.1}{3216.88} \times 100 = 92.73$$

Tabla 46: Formulación 7 harina.

Temperatura. (°C)	45
Tiempo (hora)	40
m entrada	3712.23
m salida	2885.41



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

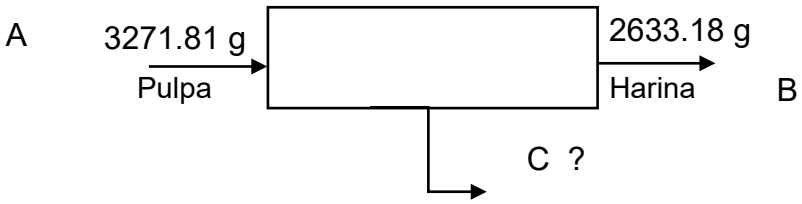
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3712.23 - 2885.41$$
$$C = 826.82\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{2885.41}{3712.23} \times 100 = 77.73$$

Tabla 47: Formulación 8 harina.

Temperatura. (°C)	55
Tiempo (hora)	48
m entrada	3271.81
m salida	2633.18



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

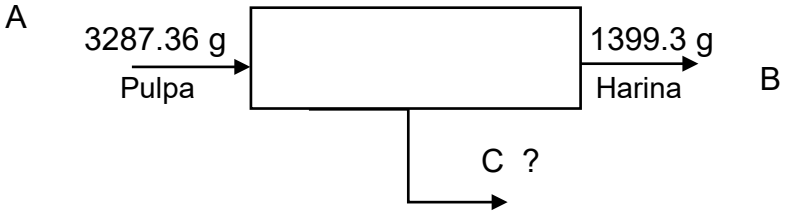
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3271.81 - 2633.18$$
$$C = 638.63\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{2633.18}{3271.81} \times 100 = 80.48$$

Tabla 48: Formulación 9 harina.

Temperatura. (ºC)	55
Tiempo (hora)	26
m entrada	3287.36
m salida	1399.3



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 3287.36 - 21399.3$$
$$C = 1888.06\ g$$

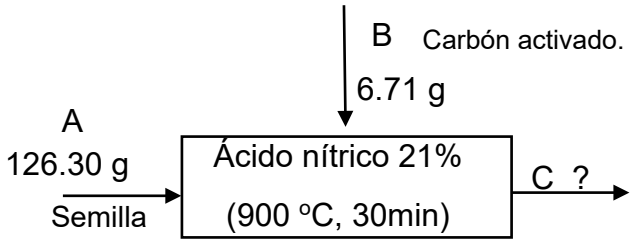
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{1399.3}{3287.36} \times 100 = 42.57$$

9.2.3. Carbón activado.

Tabla 49: Formulación 1 carbón activado.

Material.	Semilla.
Agente activante.	Ácido nítrico 21%
Temperatura. (ºC)	900
Tiempo(horas)	30min



$$m_{entrada} = 126.30g$$

$$m_{salida} = 6.71g$$

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 126.30 - 6.71$$
$$C = 119.59\ g$$

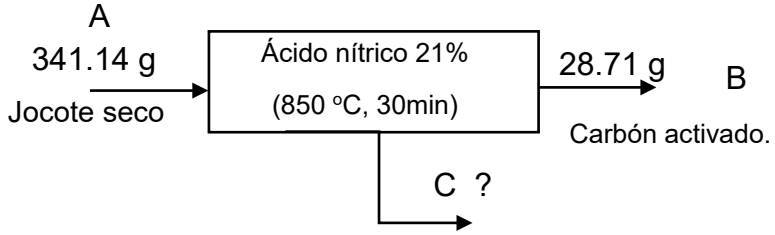
$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{6.71}{126.30} \times 100 = 5.31$$

Tabla 50: Formulación 2 carbón activado.

Material.	Jocote seco.
Agente activante.	Ácido nítrico 21%
Temperatura. (ºC)	850
Tiempo(horas)	30min

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.



$$m_{entrada} = 341.14g$$

$$m_{salida} = 28.71\ g$$

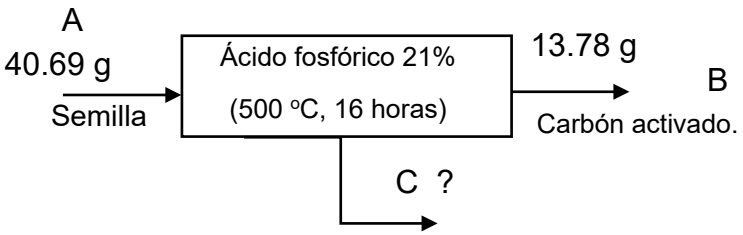
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 341.14 - 28.71$$
$$C = 312.43\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{28.71}{341.14} \times 100 = 8.41$$

Tabla 51: Formulación 3 carbón activado.

Material.	Semilla.
Agente activante.	Ácido fosfórico 21%
Temperatura. (ºC)	500
Tiempo(horas)	16horas



$$m_{entrada} = 40.69g$$

$$m_{salida} = 13.78\ g$$

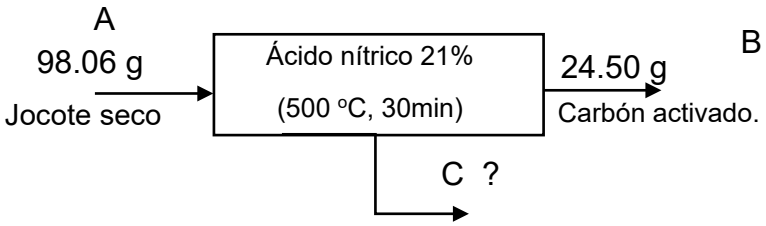
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 40.69 - 13.78$$
$$C = 26.79\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{13.78}{40.19} \times 100 = 33.88$$

Tabla 52: Formulación 4 carbón activado.

Material.	Jocote seco.
Agente activante.	Ácido nítrico 21%
Temperatura. (ºC)	500
Tiempo(horas)	30min



$$m_{entrada} = 98.06\ g$$

$$m_{salida} = 24.99\ g$$

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

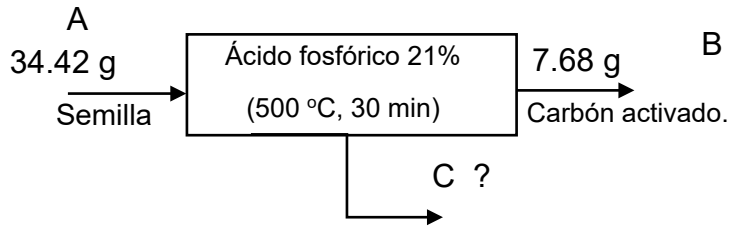
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 98.06 - 24.50$$
$$C = 73.56\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{24.99}{98.06} \times 100 = 24.99$$

Tabla 53: Formulación 5 carbón activado.

Material.	Semilla.
Agente activante.	Ácido fosfórico 21%
Temperatura. (°C)	500
Tiempo(horas)	30min



- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

$$m_{entrada} = 34.42g$$

$$m_{salida} = 7.68\ g$$

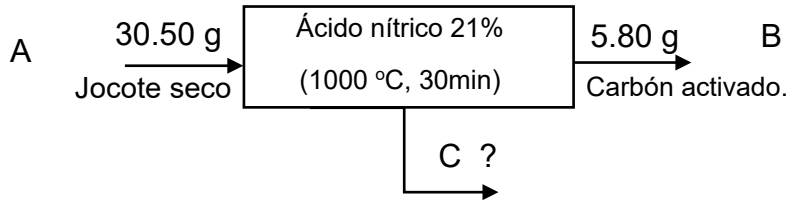
$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 34.42 - 7.68$$
$$C = 26.74\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{7.68}{34.42} \times 100 = 22.32$$

Tabla 54: Formulación 6 carbón activado.

Material.	Jocote seco.
Agente activante.	Ácido nítrico 21%
Temperatura. (ºC)	1000
Tiempo(horas)	30min



$$m_{entrada} = 30.50\ g$$

$$m_{salida} = 5.80\ g$$

- A= Entrada.
- B= Salida.
- C= Perdida.

$$Entrada = Salida + Perdida$$
$$A = B + C \rightarrow C = A - B$$
$$C = 30.50 - 5.80$$
$$C = 24.7\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ salida}{m\ entrada} \times 100$$

$$Rendimiento = \frac{5.80}{30.50} \times 100 = 19.01$$

9.2.4. Resultados finales balances de masa.

A continuación se muestran los resultados de los balances de masa de cada una de las formulaciones para mermelada, harina y carbón activado.

Tabla 55: Resultados finales de los balances de masa de mermelada, harina y carbón activado

Resultados balance de masa para mermelada.		**Resultados balance de masa para harina.**		**Resultados balance de masa para carbón activado.**	
Formulaciones.	Perdidas.	Formulaciones.	Perdidas.	Formulaciones.	Perdidas.
1	333.16	1	1866.29	1	119.59
2	173.83	2	924	2	312.43
3	145.68	3	1493.93	3	26.79
4	114.03	4	1868.54	4	73.56
5	45.25	5	1016.14	5	26.74
6	150.24	6	233.78	6	24.7
7	219.58	7	826.82		
8	143.05	8	638.63		
9	156.35	9	1888.06		

Fuente: Elaboración propia.

9.3. Gráficos.

9.3.1. Mermelada.

Grafico 1.

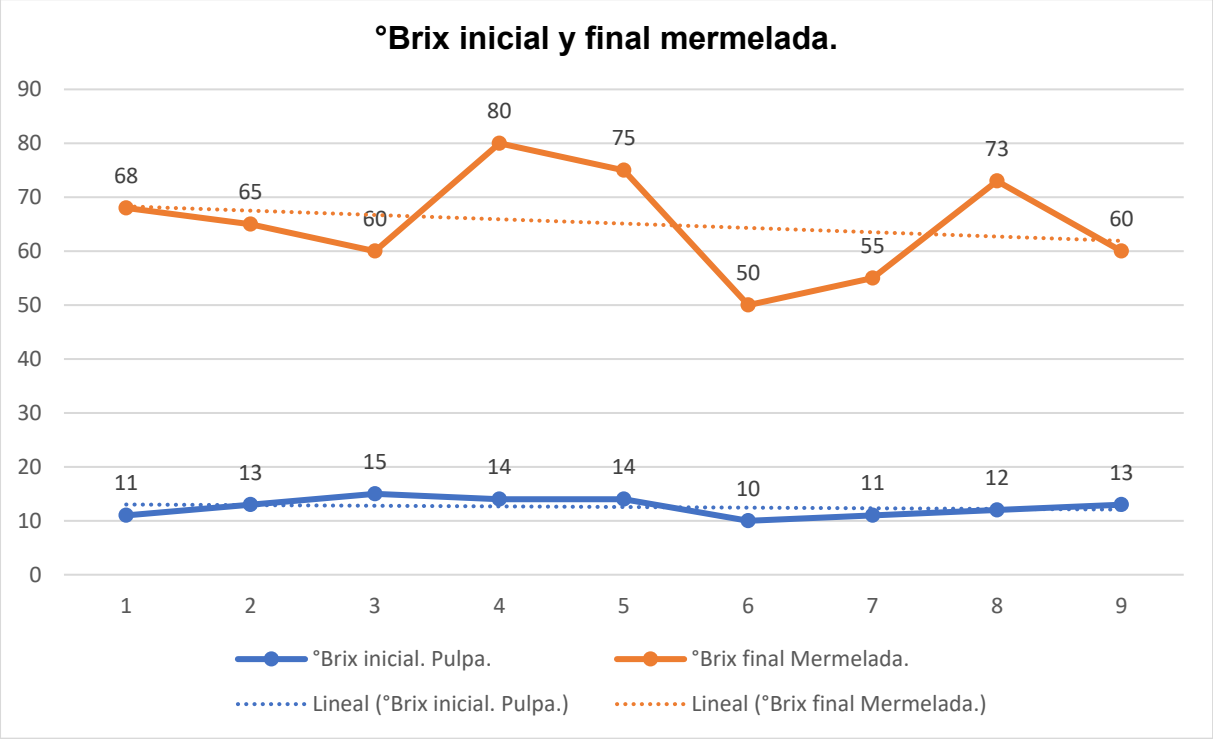


Grafico 2.

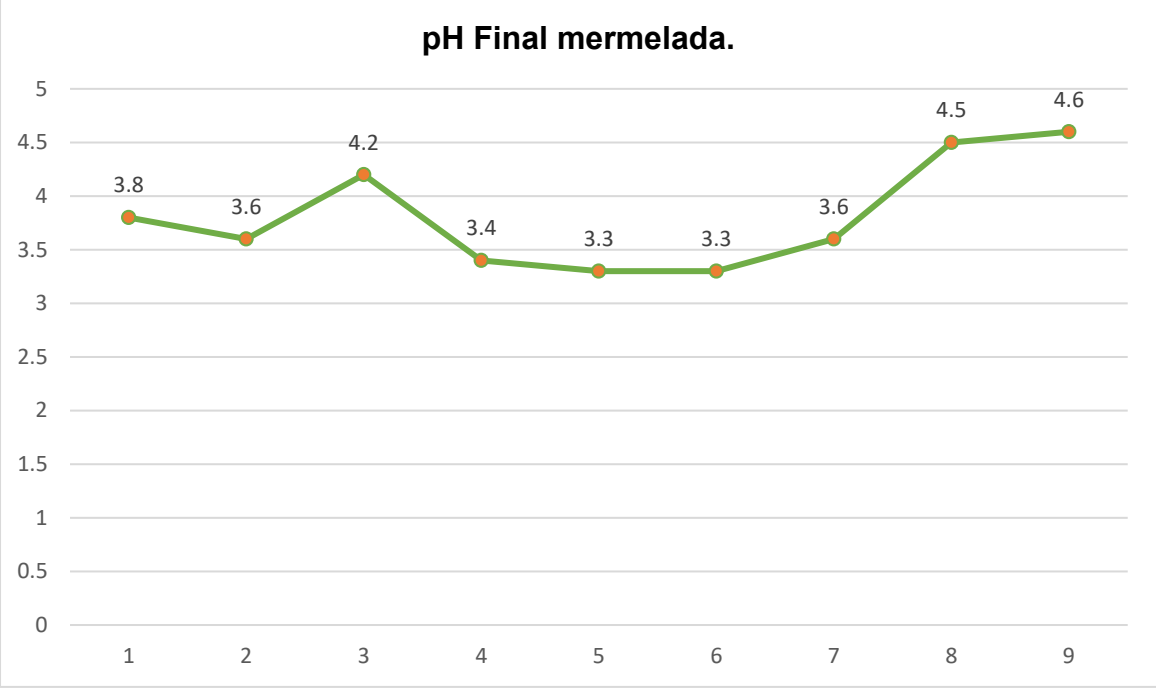
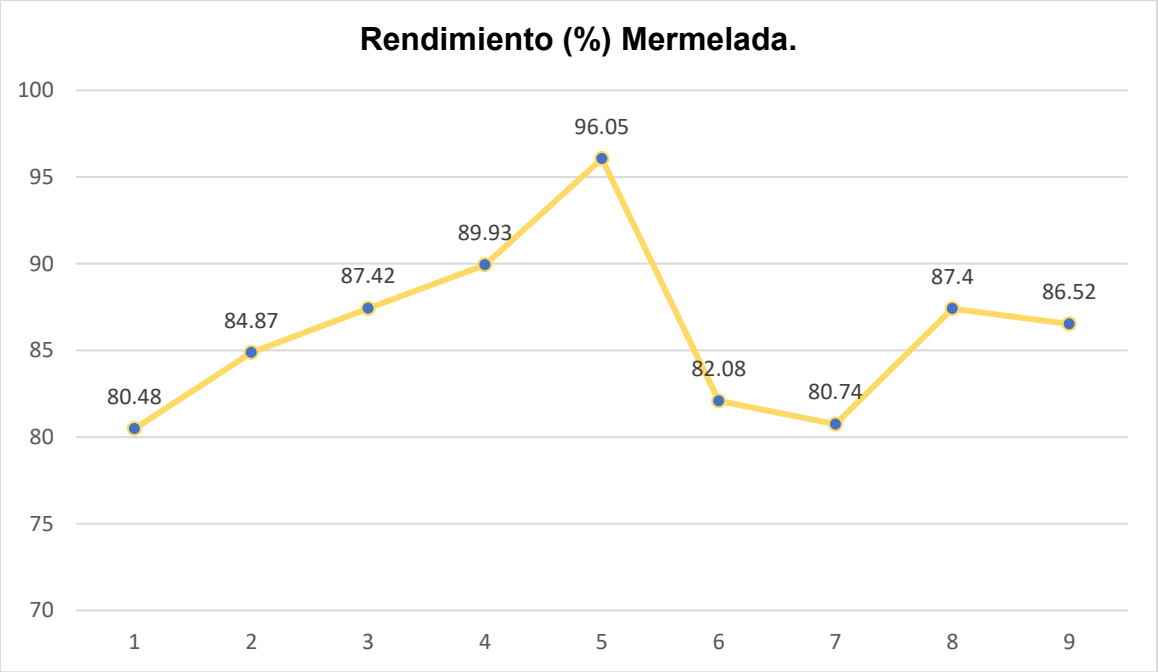


Grafico 3.



9.3.2. Harina.

Grafico 1.

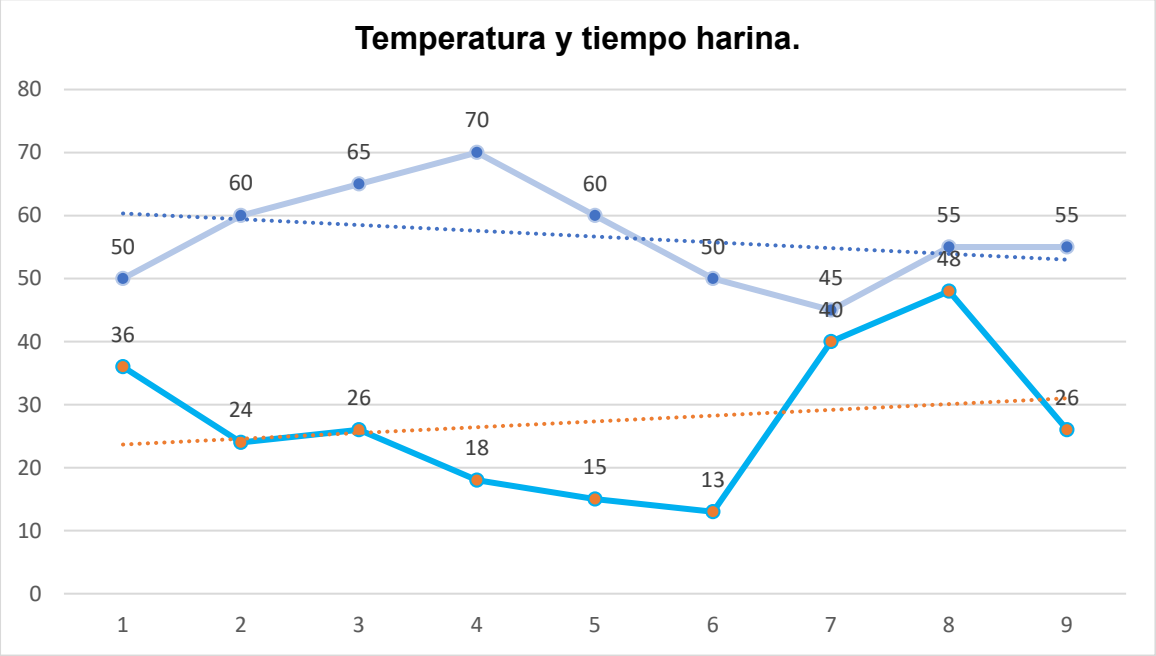
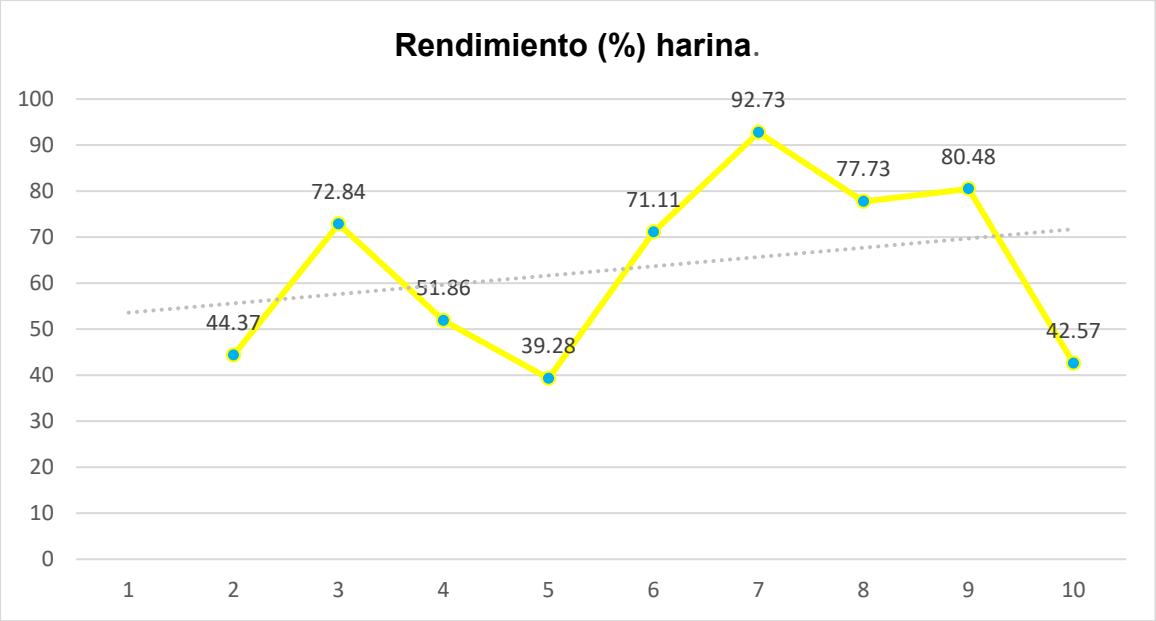


Grafico 2.



9.3.3. Carbón activado.

Grafico 1.

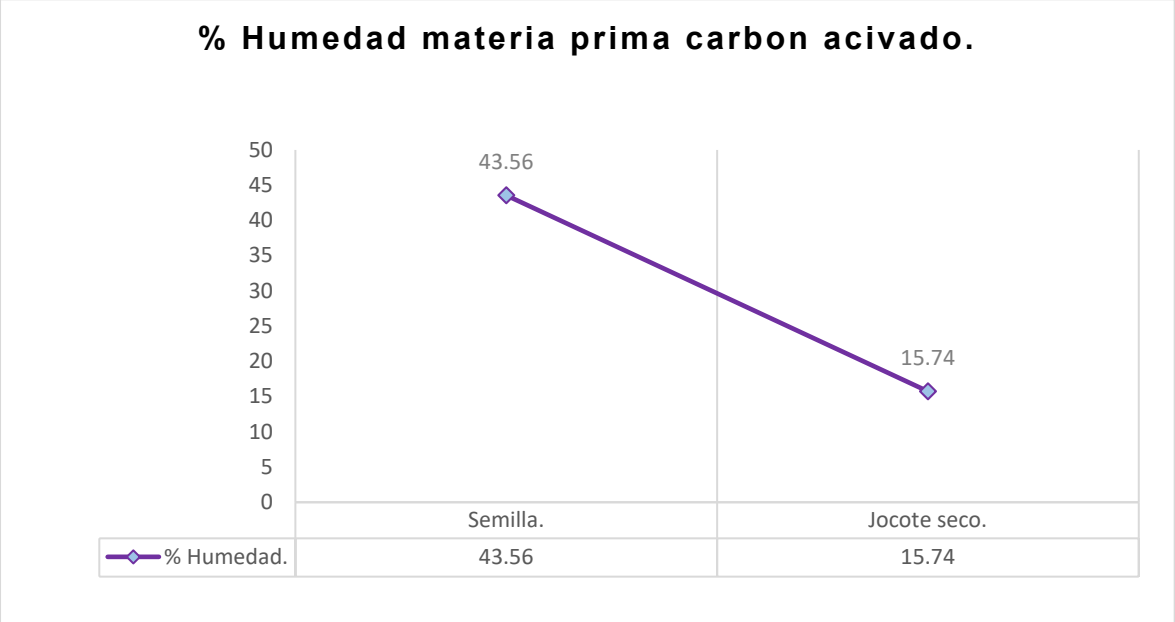


Grafico 2.

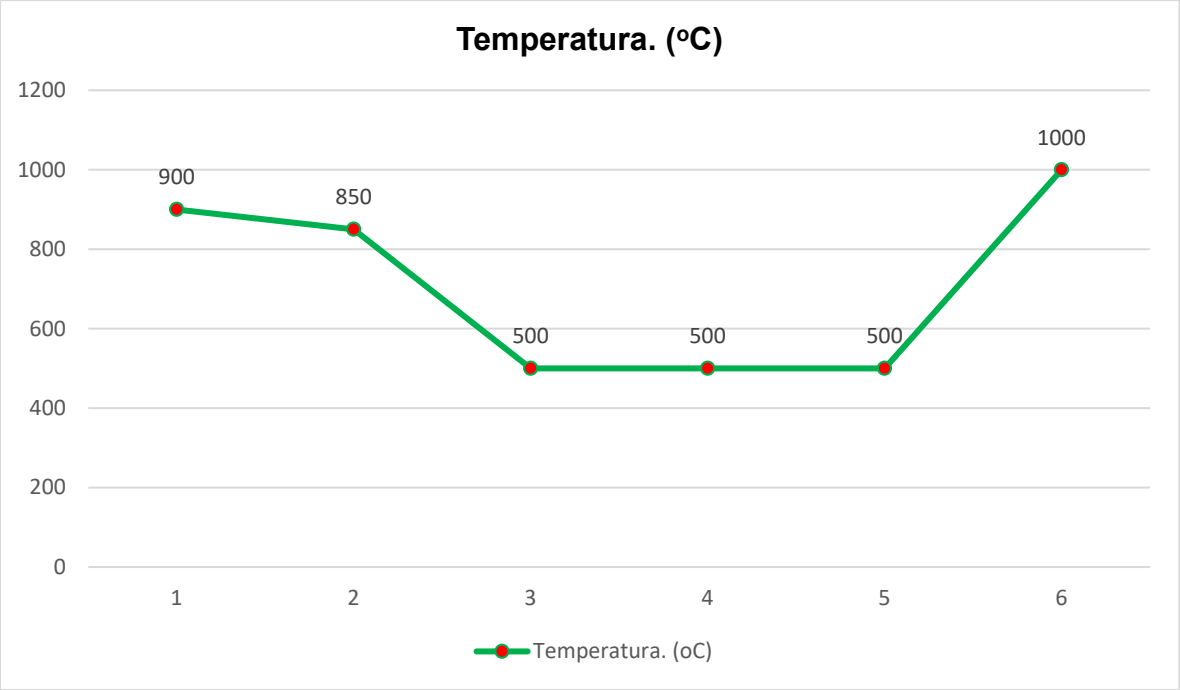
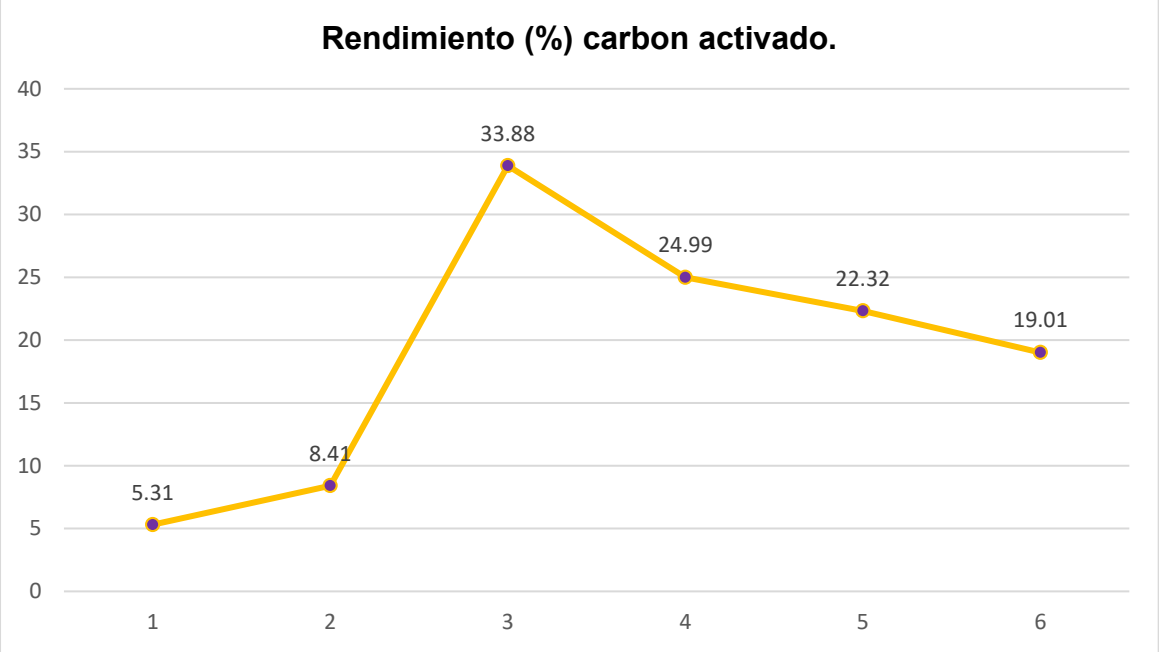
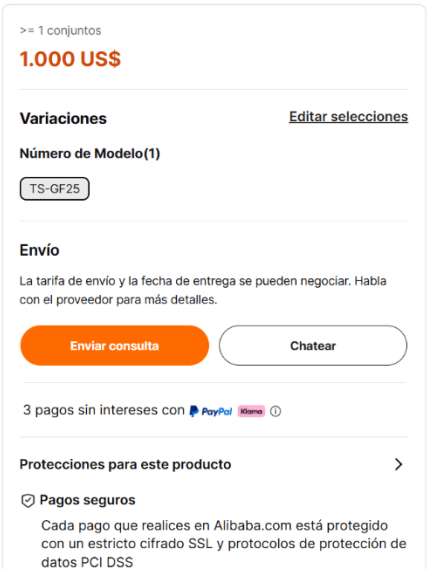


Grafico 3.

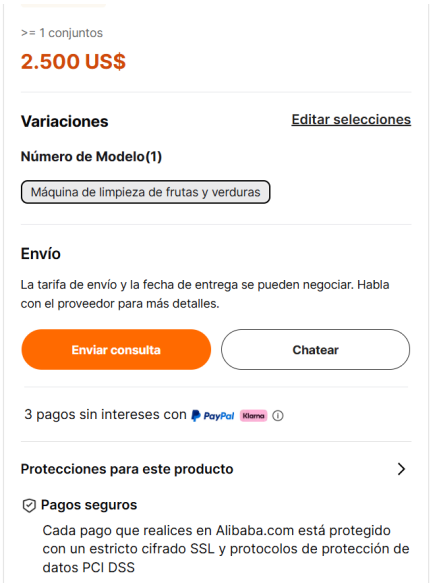


9.4. Precios de adquisición de los equipos.

9.4.1. Precio de la mesa de inspección.



9.4.2. Precio de lavadora de frutas.



9.4.3. Precio de despulpadora.

Módulo clasificador MC-4 -Penagos

Disponible

Presentación: 1 Unidades

Módulo clasificador MC-4 despulpa el café cereza maduro sin usar agua. Separa la pulpa y la pasilla dejando el grano listo para la fermentación.

Solicitar crédito | Agregar a lista | Compartir

9.4.4. Precio del molino.

seleccionado. Selecciona un punto de entrega diferente.

Tamaño: **2000g**

500g	2000g
1 opción desde US$83.99	1 opción desde US$102.99

Color	plateado
Marca	VEVOR
Estilo	Molino eléctrico de grano
Dimensiones del producto	9,06"l. x 9,45"an. x 14,96"al. pulgadas
Capacidad	2 Litros

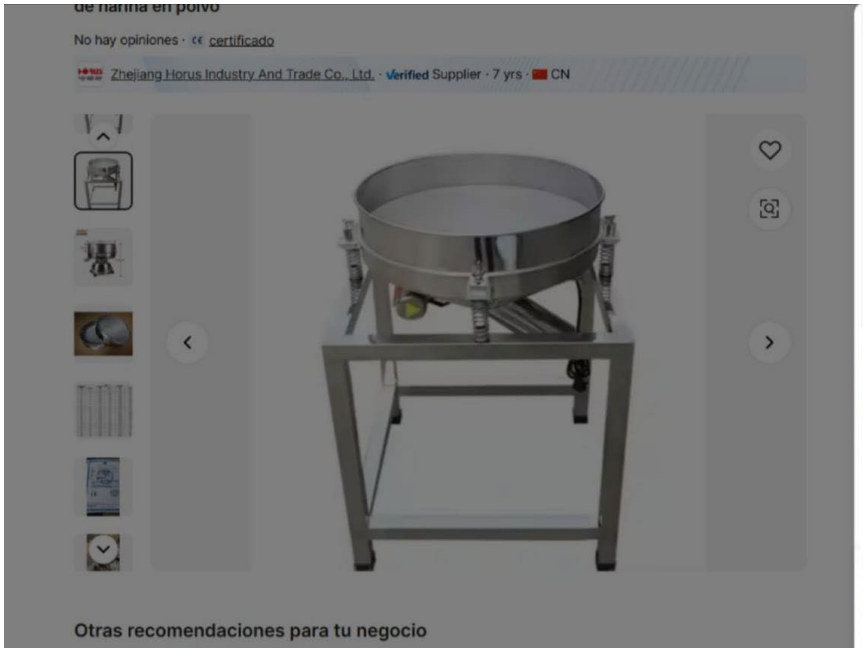
Material Acero inoxidable 403

Peso del artículo 15,43 Libras

Sobre este artículo

- Molinillo de oscilación: El tipo de oscilación es más conveniente que el t vertical. Puedes girar el cuerpo del molinillo de especias comercial 270° ayudar a verter en lugar de recoger el molinillo. Además, puede balance molinillo cuando se trabaja, produciendo polvos más uniformes y finos.

9.4.5. Precio del tamiz.



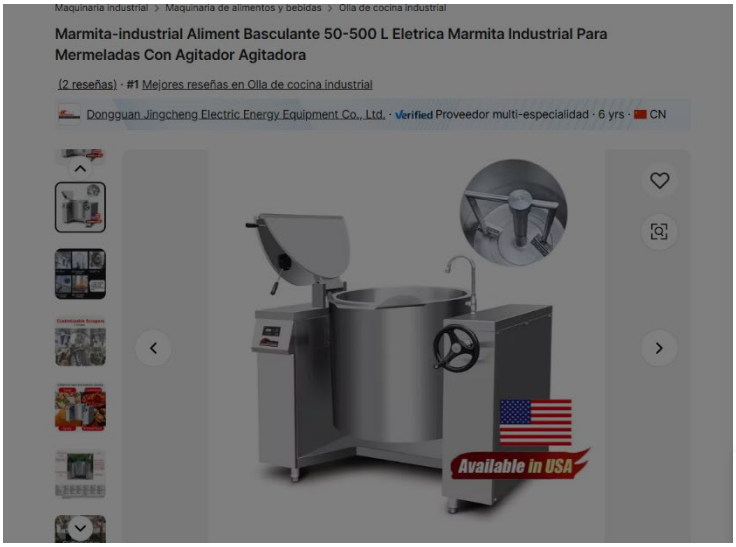
Máquina tamiz automática de polvo, diámetro de 19.6 pulgadas, máquina agitadora eléctrica automática comerci...

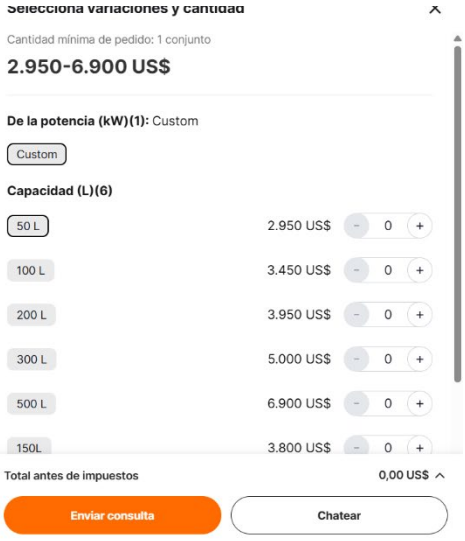
Ver opciones

No hay ofertas destacadas disponibles

US$1,291.44 (1 oferta nueva)

9.4.6. Precio de la marmita.





9.4.7. Precio de la maquina llenadora.

Llenado de la máquina de líquidos manchados Tallos de máquina de líquidos Llenados con máquinas neumáticas Neumáticas Materias semiautomática Llenar los líquidos errantes La cabeza ~ /

Marca: BTURYT

US$1,277.05

Tamaño: **500ML**

40ml	200ML	300ML	500ML
US$1,097.53	US$1,097.53	US$1,197.03	US$1,277.05

1000ML	1500ML
US$1,437.11	US$1,597.16

- (Material de acero inoxidable): la máquina llenadora de pasta líquida está hecha de acero inoxidable, resistente a la corrosión y al desgaste, con alta precisión de llenado y relleno antipaso. La base gruesa y sólida hace que la máquina sea robusta y duradera, lo que la hace fluida y fluida y tiene una gama más amplia de aplicaciones.
- (Detalles cuidadosamente diseñados): llenado de alta precisión anti -pitches.

US$1,277.05

Entrega GRATIS entre el **20 de junio - 8 de julio**. Ver detalles

Enviar a Nicaragua

Disponible

Cantidad: 1

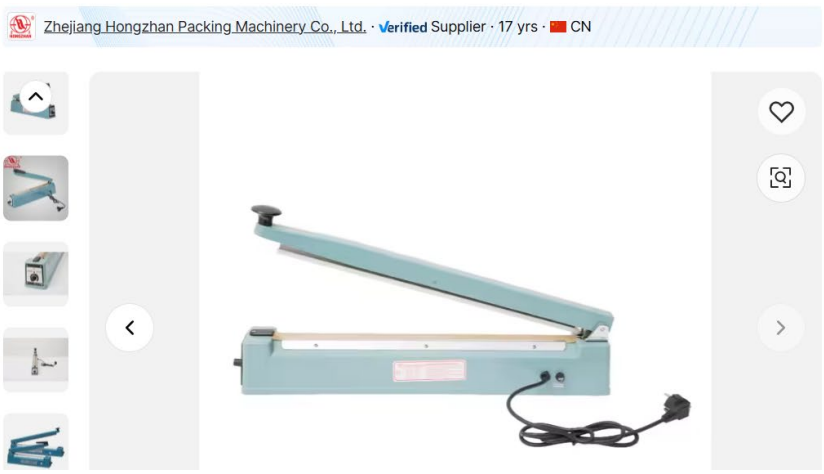
Agregar al Carrito

Comprar ahora

Enviado por YU JIE JIE Li
Vendido por YU JIE JIE Li
Devoluciones Reintegro o reemplazo en 30 días
Pago Transacción segura

Agregar a la Lista

9.4.8. Precio de la selladora.



22 US$** **19 US$

Precio de muestra: 22 US$

Variaciones

Velocidad Máxima(1): /

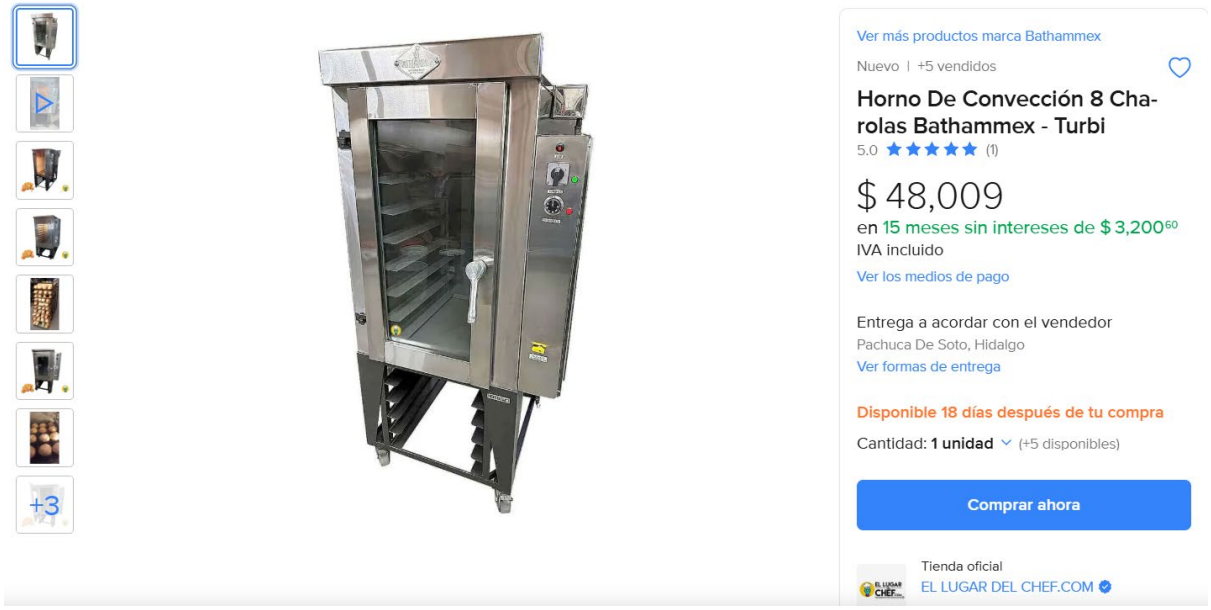
/

Potencia(1): 500W

500W

Número de Modelo(1)

KS-300

9.4.9. Precio de la mufla.

9.4.10. Precio del horno.