Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Administración de Agronegocios

Ingeniería en Administración de Agronegocios

Proyecto Especial de Graduación

Estudio de viabilidad técnica y económica de la elaboración de una línea de briquetas de carbón marca Zamorano para la Unidad de forestales

Estudiantes

Geovanna Melissa Chacha Calle

Anthony Javier Santana Menéndez

Asesores

Julio Rendón, M.B.A

Rommel Reconco, D.D.E

Honduras, junio 2024

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

RAUL SOTO

Director del Departamento de Administración de Agronegocios

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros....5
Índice de Figuras....7
Índice de Anexos....10
Resumen....11
Abstract....12
Introducción....13
Metodología....16
Diseño del Prototipo....16
Estudio Técnico....16
Fabricación de Briquetas de Carbón....16
Análisis Estadístico....17
Sondeo de Mercado....18
Benchmarking....20
Estudio de Viabilidad Económica....20
Resultados y Discusión....23
Diseño del Prototipo....23
Diseño de las Briquetas de Carbón....23
Diseño del Empaque....25
Diseño de la Prensa....28
Estudio Técnico....31
Recolección y Preparación de Materia Prima....31
Proceso de Carbonización....34
Selección de Aglutinante....36
Proceso de Fabricación de las Briquetas de Carbón....37

Experimento 1 - Almidón de Yuca....39
Experimento 2 - Cera de Abeja. 41
Experimento 3 - Resina 43
Análisis Estadístico 45
Empaquetado y Almacenado 54
Sondeo de Mercado....55
Cálculo de la Muestra 56
Análisis de Datos Recopilados de Encuesta 56
Mezcla de Marketing 65
Benchmarking 65
Estudio de Viabilidad Económica 66
Capacidad de Producción....66
Análisis de Costos....67
Fijación de precios 70
Flujo de Efectivo....71
Punto de Equilibrio 75
Indicadores Financieros 76
Cuadro Comparativo 78
Conclusiones 79
Recomendaciones....81
Anexos....87

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Porcentajes de humedad....34
Cuadro 2 Rendimiento de mulch a carbón vegetal....39
Cuadro 3 Estadística descriptiva....46
Cuadro 4 Estadística descriptiva de datos transformados....48
Cuadro 5 Prueba Kruskal-Wallis para la variable masa....49
Cuadro 6 Análisis de comparación Post hoc para la variable masa....49
Cuadro 7 Prueba Kruskal-Wallis para la variable densidad aparente....50
Cuadro 8 Análisis de comparación Post hoc para la variable densidad aparente....50
Cuadro 9 Prueba Kruskal-Wallis para la variable cantidad de residuos....51
Cuadro 10 Análisis de comparación Post hoc para la variable cantidad de residuos....51
Cuadro 11 Prueba Kruskal-Wallis para la variable tiempo de combustión....51
Cuadro 12 Análisis de comparación Post hoc para la variable tiempo de combustión....52
Cuadro 13 Correlación de Spearman....53
Cuadro 14 Peso neto del Kit BRICAZ por tratamiento....55
Cuadro 15 Desempeño promedio de briquetas y carbón convencional....66
Cuadro 16 Muestreo mensual de residuos maderables....67
Cuadro 17 Capacidad productiva por tratamiento por año....67
Cuadro 18 Costos variables presentación grande....68
Cuadro 19 Costos variables presentación plana....68
Cuadro 20 Costo de mano de obra directa....69
Cuadro 21 Eficiencia operativa....69
Cuadro 22 Requerimiento de madera para alcanzar la eficiencia operativa....70
Cuadro 23 Fijación de precios presentación plana....70
Cuadro 24 Fijación de precios presentación grande....71

Cuadro 25 Ingresos por ventas año 1 por tratamiento 72

Cuadro 26 Costos variables año 1 por tratamiento 72

Cuadro 27 Depreciación línea recta 73

Cuadro 28 Flujo de efectivo briquetas de almidón de yuca 73

Cuadro 29 Flujo de efectivo briquetas de resina de pino 74

Cuadro 30 Flujo de efectivo briquetas de cera de abeja 74

Cuadro 31 Punto de equilibrio 75

Cuadro 32 Indicadores financieros por tratamiento 77

Cuadro 33 Cuadro comparativo de los tratamientos 78

Índice de Figuras

Figura 1 Briquetas cuadradas (Ecobrasa, s.f.) 24

Figura 2 Briquetas hexagonales (Shulyi machinery, 2023) 24

Figura 3 Briquetas Pillow-shaped (EldurApi, 2024) 24

Figura 4 Briquetas cilíndricas (BBQ Flavour, 2023) 25

Figura 5 Empaque Eco-Fuel África (Behance, 2024) 26

Figura 6 Empaque BrasasYa (BrasasYa, 2024) 26

Figura 7 Diseño del empaque plano y grande 27

Figura 8 Prensa de pistón (Kpalo et al., 2020) 29

Figura 9 Prensa manual WU_Presser (Kpalo et al., 2020) 30

Figura 10 Diseño de la prensa manual 31

Figura 11 Mulch generado en la Unidad de Forestales 32

Figura 12 Medidor de humedad CEM DT-129 33

Figura 13 Reactor pirolítico (Pineda Rivera, 2023, p. 24) 36

Figura 14 Diagrama de flujo de la fabricación de briquetas de carbón 37

Figura 15 Reactor pirolítico sellado herméticamente con barro 38

Figura 16 Almidón de yuca 39

Figura 17 Prensa manual 40

Figura 18 Briqueta de almidón de yuca 40

Figura 19 Combustión de la briqueta de almidón de yuca 41

Figura 20 Cera de abeja 41

Figura 21 Briqueta de cera de abeja 42

Figura 22 Combustión de la briqueta de cera de abeja 43

Figura 23 Briqueta de resina de pino 44

Figura 24 Primera combustión de la briqueta de resina 44

Figura 25 Segunda combustión de la briqueta de resina 45
Figura 26 Distribución de la densidad aparente 47
Figura 27 Distribución de la cantidad de residuos.....47
Figura 28 Distribución del tiempo de combustión.....47
Figura 29 Distribución de la masa.....48
Figura 30 Mapa de calor de correlaciones.....54
Figura 31 Producto de la presentación plana y grande 55
Figura 32 ¿A qué parte de la comunidad pertenece?.....56
Figura 33 Participación en asado o parrillas 57
Figura 34 ¿Existe alguna razón por la que no ha participado en asados usando carbón? 58
Figura 35 ¿Tiene conocimiento de las características en cuanto al olor y sabor ahumado que ofrece el carbón/briqueta de carbón?.....59
Figura 36 ¿Considera que el carbón/briquetas es una opción más natural y menos procesada en comparación con otros tipos de combustibles para cocinar? 59
Figura 37 ¿Cuáles son los aspectos que más resalta de un asado o parrillada con carbón?.....60
Figura 38 Importancia de facilidad de encendido.....61
Figura 39 Importancia de duración de la llama 61
Figura 40 ¿Un kit de encendido rápido, sin ensuciarse las manos, sería un factor importante al considerar la compra de briquetas de carbón? 62
Figura 41 Importancia del precio 63
Figura 42 ¿Estaría dispuesto a cambiar o empezar a usar en lugar del carbón convencional, un kit de encendido rápido de briquetas de carbón Zamorano? 63
Figura 43 ¿Cree que el horario del Puesto de Ventas permite una fácil adquisición de sus productos? 64

Figura 44 ¿Estaría interesado en adquirir el kit de encendido rápido de briquetas de carbón en las tiendas de la JAMZ con sus horarios? 64

Figura 45 Mezcla de marketing 65

Índice de Anexos

Anexo A Cotización de la cera de abeja 87

Anexo B Cotización del almidón de yuca 88

Anexo C Cotización empaque 89

Anexo D Diagrama de flujo del cuestionario para estudiantes 90

Anexo E Diagrama de flujo del cuestionario de instructores, residentes y clientes externos 91

Anexo F ¿Conoce acerca de la capacidad del carbón/briquetas de sellar los jugos y sabores de los alimentos al alcanzar temperaturas altas rápidamente? 92

Anexo G ¿Posee un asador de carbón para realizar parriladas? 93

Anexo H ¿Hace uso de su asador de carbón para preparar alimentos? 94

Anexo I ¿Por qué no hace uso de su asador de carbón 95

Anexo J Satisfacción de la uniformidad en el tamaño 96

Anexo K Satisfacción de la facilidad de encendido 97

Anexo L Satisfacción de la duración de la llama 98

Anexo M Satisfacción del precio 99

Resumen

El presente estudio aborda la viabilidad técnica y económica de la producción de briquetas de carbón en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, utilizando residuos maderables de su Unidad de Forestales. El análisis incluyó la fabricación de briquetas con tres tipos de aglutinantes: almidón de yuca, cera de abeja y resina de pino. Se evaluaron características como facilidad de encendido, tiempo de combustión, generación de residuos y densidad aparente.

Los resultados del estudio técnico mostraron que las briquetas de almidón de yuca ofrecen un rendimiento superior en términos de facilidad de fabricación, tiempo de combustión y menor generación de residuos. En el sondeo de mercado, los consumidores valoraron positivamente la facilidad de encendido y la duración de la llama, destacando las briquetas de almidón de yuca como una opción preferida. El benchmarking reveló que estas briquetas son competitivas frente a productos convencionales en términos de calidad y precio. El estudio de viabilidad económica confirmó que las briquetas de almidón de yuca son económicamente viables, generando flujos de caja positivos desde el primer año y presentando indicadores financieros favorables. La estrategia de mezcla de marketing incluye un empaque innovador, el "Kit de Encendido Rápido BRICAZ", que facilita el uso del producto y refuerza la identidad de la marca Zamorano. Este proyecto no solo es financieramente sólido, sino que también contribuye a la sostenibilidad y al aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles.

Palabras clave: almidón de yuca, sostenibilidad, mezcla de marketing, benchmarking

Abstract

This study addresses the technical and economic feasibility of producing charcoal briquettes at the Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, using wood waste from its Forestry Unit. The analysis included the production of briquettes with three types of binders: cassava starch, beeswax, and pine resin. Characteristics such as ease of ignition, burn time, residue generation, and apparent density were evaluated.

The technical study results showed that cassava starch briquettes offer superior performance in terms of ease of manufacture, burn time, and lower residue generation. In the market survey, consumers valued the ease of ignition and burn duration, highlighting cassava starch briquettes as a preferred option. Benchmarking revealed that these briquettes are competitive compared to conventional products in terms of quality and price.

The economic feasibility study confirmed that cassava starch briquettes are economically viable, generating positive cash flows from the first year and presenting favorable financial indicators. The marketing mix strategy includes innovative packaging, the "BRICAZ Quick Start Kit," which facilitates product use and reinforces the Zamorano brand identity. This project is not only financially sound but also contributes to sustainability and the efficient use of available resources.

Keywords: Cassava starch, sustainability, marketing mix, benchmarking

Introducción

El uso del fuego por parte de la humanidad marcó uno de los hitos más transformadores en la historia de la evolución humana. Los registros arqueológicos sugieren que el dominio del fuego comenzó hace aproximadamente 1 a 1.5 millones de años. Este descubrimiento no solo proporcionó calor y protección contra depredadores, si no también revolucionó la dieta humana al permitir la cocción de alimentos, lo que facilitaba su digestión y ampliaba la gama de alimentos consumibles.

Al pasar del tiempo, la madera se convirtió en la principal fuente de combustible gracias a su abundancia y fácil obtención. Desde las sociedades antiguas hasta la Revolución Industrial, era común la práctica de quemar madera para calefacción y cocina. Sin embargo, la deforestación y la necesidad de combustibles más eficaces llevaron al desarrollo y uso del carbón.

Uno de los sucesos más importantes en la Revolución industrial fue la siderurgia con el carbón mineral. Con el aumento de la producción, el carbón vegetal, que producía un hierro de mejor calidad, optimizando incluso, el tiempo de procesamiento, reemplazó el carbón mineral más barato. (Villas Tinoco, 2012). En busca de la eficiencia y la sostenibilidad, en 1865 se utilizó la primera máquina briquetadora de pistón para realizar briquetas de carbón. Las briquetas producidas de biomasa vegetal se convirtieron en una fuente de energía obtenida con baja tecnología e inversión. (López Analuisa y Hernández Gavilanes, 2018).

Un tipo de combustible obtenido a partir de materia orgánica de origen vegetal y animal se denomina biocombustible. En 2022 se produjeron mundialmente 46.4 millones de toneladas de pellets de madera, 1.9 billones de m^3 de combustible de madera y 54.9 millones de toneladas de carbón vegetal (World Bioenergy Association, 2023). Estos biocombustibles generados de la producción de madera en espacios forestales se han utilizado para generar energía eléctrica, en su mayoría. (Van Dam, 2017). Las instalaciones industrializadas de producción de energía eléctrica se interponen en lo que podrían aprovechar económicamente aserraderos y unidades forestales. (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023).

A pesar de la industrialización, más de 2.4 billones de personas que equivalen a la tercera parte de la población mundial, utilizan métodos tradicionales como la leña para cocinar con estufas o al aire libre. (Van Dam, 2017). Por lo que el 86% del suministro interno provino de fuentes de biomasa sólida que incluyen pellets, astillas de madera y fuentes tradicionales de biomasa. (World Bioenergy Association, 2023). La demanda de la biomasa sugiere una fuente interesante de calor, además, el costo de esta energía térmica según la FAO (2023), es menor comparado a la energía precedente del petróleo o el gas.

Diariamente, en todo el mundo se generan volúmenes muy altos de residuos sólidos maderables lo que constituye un problema para la sociedad y para el medio ambiente. (Rincon Martinez y Silva Lora, 2014). Los residuos sólidos, especialmente en empresas de la industria maderera, pueden crear una economía circular sostenible, que según (Ghosh y Ghosh, 2023, p. 23), promueve el uso de materiales al final de su vida productiva, reduciendo los desechos al mínimo.

La economía circular responde a la transición actual del crecimiento económico y productivo, ya que, promueve un flujo cíclico para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de los materiales y la energía de productos y servicios disponibles en el mercado. (Prieto Sandoval et al., 2017). Según Espinola y Sturzenegger (2023), el promedio en América Latina de materiales reutilizados o reciclados es de menos del 1% a comparación de la cifra global de 7.2%. A su vez, menciona que, si América Latina lograra alcanzar esta transición económica, la huella de carbono podría reducirse en un tercio, y se crearían 8.8 millones de nuevos empleos formales.

La fabricación de briquetas de carbón vegetal es un producto diferenciado donde podemos utilizar residuos maderables para crear una economía circular. La briqueta de carbón es un biocombustible sólido densificado que se produce por compactación de biomasa vegetal o residuos de ella, incluido aserrín, polvo de lijado o carbón vegetal. (Moreno Perilla, 2018). Para obtener carbón, uno de los procesos termoquímicos más investigados es la pirólisis, en donde la biomasa se

descompone termoquímicamente por calentamiento rápido o lento, en ausencia de agentes oxidantes y con un rango de 200-650 °C (López Chalarca et al., 2020).

En el aserradero y la carpintería en la Unidad de forestales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano se utilizan varias especies maderables como: Pino, Melina, Cedro, Caoba, Guanacaste, Macuelizo y Teca. En sus prácticas productivas de generación de muebles y el programa de Aprender Haciendo, la unidad genera residuos que son triturados y comercializados como mulch. Esta práctica responde muy bien a la utilización de residuos y la economía circular, pero no genera el impacto en ventas que se espera. Además, la unidad posee un reactor pirolítico artesanal utilizado por Pineda Rivera (2023) en una propuesta de aprovechamiento de residuos de hoja de palma como biocombustible sólido.

La madera triturada y la disponibilidad del reactor pirolítico pueden dar el punto de partida para generar una línea de briquetas de carbón vegetal respaldada por la marca Zamorano, que será de utilidad para su posicionamiento en el mercado local. El estudio pretende aprovechar los residuos generados en la carpintería y aserradero de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, la infraestructura y los equipos disponibles, para realizar briquetas de carbón como producto Zamorano diferenciado. Para esto, los objetivos específicos son los siguientes: evaluar tres diferentes prototipos de briquetas de carbón; estimar la viabilidad económica de cada tratamiento; y realizar un sondeo de mercado de las briquetas de carbón con marca Zamorano.

Metodología

Diseño del Prototipo

Un prototipo es una representación simplificada de un producto o servicio que pretende probar y validar las ideas antes de invertir tiempo y recursos en un proyecto (García Manjón, 2023). Es importante evaluar el producto antes de oficializar su venta, por lo que es esencial realizar un prototipo durante el desarrollo de un producto.

El diseño del prototipo incluye las briquetas de carbón y su empaque. Para determinar el diseño de las briquetas, se realizará una revisión exhaustiva de literatura sobre los diferentes tipos de briquetas de carbón. Esta revisión permitirá identificar las ventajas y desventajas de cada tipo de briqueta. Según estos hallazgos, se seleccionará la forma y tamaño adecuados, considerando la facilidad de manipulación, fabricación y encendido. La manipulación de las briquetas debe ser sencilla durante su fabricación y en el uso del usuario final. La forma y tamaño de las briquetas deberán mostrar un encendido uniforme y rápido, mejorando así la experiencia del usuario.

El diseño del empaque se realizará a través de un benchmarking teórico de productos similares en el mercado para ayudar a identificar características que sean efectivas y atractivas. Se considerarán los siguientes aspectos en el diseño del empaque: diseño funcional y apego a la marca Zamorano. El empaque será funcional, facilitando el transporte, almacenamiento y uso de las briquetas sin complicaciones. Además, el diseño deberá destacar la marca Zamorano, fortaleciendo su identidad y asegurando que el producto sea reconocido como parte de la marca para atraer más clientes.

Estudio Técnico

Fabricación de Briquetas de Carbón

Inicialmente, se revisará la literatura para identificar cuáles materiales son aptos para carbonizar. Mediante entrevistas con los encargados de la Unidad de Forestales, se determinará el

material más idóneo para utilizar en relación con su disponibilidad en Zamorano. La materia prima seleccionada deberá ser sometida a un proceso de calidad, principalmente su porcentaje de humedad, que asegurará que cumple los parámetros necesarios para la carbonización.

Después de seleccionar la materia prima, cada proceso de carbonización será estudiado, y se identificará el equipo necesario para ello, a partir de lo cual se evaluará la disponibilidad de estos equipos en la Unidad de Forestales y se elegirá el proceso basado únicamente en la disponibilidad del equipo de la unidad.

Luego se elegirán los aglutinantes, siendo muy importante en la fabricación de briquetas de carbón, ya que se encarga de unir las partículas de carbón y permitir moldear la forma final del producto. (Ataucusi, 2023). Se contemplarán tres tipos de aglutinante que permitan seleccionar el mejor en base a la evaluación de las características de este, la disponibilidad en el mercado hondureño y sus propiedades que faciliten el encendido y rendimiento en la producción.

Para culminar el proceso de elaboración de briquetas de carbón, es necesaria la compactación de la mezcla del polvo de carbón y el aglutinante. Se diseñará la prensa para compactar la mezcla y convertirla en briquetas de carbón. Se realizará una revisión de literatura para conocer los tipos de prensa existentes y sus características, como capacidad de producción y compactación. Según Shuliy (2023) se deben considerar algunos factores como la capacidad de producción, costo de la máquina, su durabilidad y facilidad. Otros aspectos importantes en cuanto a su fabricación, será el tiempo de entrega, y las facilidades de manufactura.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se utilizará para interpretar las características que arrojaran las briquetas de carbón en cada tratamiento. Una de las pruebas más utilizadas es el análisis ANOVA, que es un conjunto de técnicas estadísticas, que se realiza en varias situaciones. Las más comunes incluyen comparaciones de más de dos grupos y evaluaciones de diferentes tratamientos en función de sus variables. El ANOVA ayuda a identificar si las diferencias observadas en los datos podrían deberse al

azar o si están influidas significativamente por las variables manipuladas por el estudio. Para desarrollar cualquier estructura, se necesita la ayuda de un sistema de estadísticas simple o complejo. (Dagnino, 2014, p. 306).

Se usará este método para poder determinar la efectividad de los aglutinantes en términos de facilidad de encendido, tiempo de combustión, densidad aparente, masa, contenido de cenizas, y emisión de humo. Se pondrán los tratamientos bajo las mismas condiciones y se someterán a las pruebas estandarizadas. Las hipótesis planteadas serían las siguientes: la hipótesis nula, que sostiene que no hay diferencias significativas en la efectividad entre los aglutinantes y la hipótesis alterna que propone que existe al menos una diferencia significativa. El ANOVA permitirá evaluar la validez de la hipótesis nula. Un resultado significativo manifestará que hay diferencias entre los aglutinantes sobre las pruebas propuestas, y determinará cuál aglutinante es el más eficaz para las briquetas de carbón. Este estudio estadístico se realizará con JASP, una interfaz simple que permite el estudio estadístico de tablas de datos.

El ANOVA solo se usará si los datos recolectados cumplen con una distribución normal. Caso contrario, se realizará una prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, acompañada de una comparación Post Hoc para determinar las diferencias significativas entre cada tratamiento.

Además, se incluirá un análisis de correlación para permitir identificar cómo las variables, como el tiempo de combustión, densidad aparente, masa, cantidad de residuos, emisión de humo y facilidad de encendido, se relacionan entre sí. Este análisis se llevará a cabo utilizando coeficientes de correlación de Pearson para datos con distribución normal, o coeficientes de correlación de Spearman en el caso de datos que no sigan una distribución normal.

Sondeo de Mercado

Un sondeo de mercado es una herramienta esencial para las empresas que buscan comprender las dinámicas del mercado, incluyendo las razones por las que los consumidores eligen ciertos productos, los cambios en precios, así como la demanda y oferta. Permite a las empresas

ajustarse rápidamente a las fluctuaciones del mercado, cambios en la competencia y la aparición de productos sustitutos. Para realizar un sondeo de mercado, una empresa define específicamente qué información necesita saber y recolecta datos relevantes sobre precios, puntos de venta, historiales de ventas, competidores, volúmenes de ventas, demanda actual y cambios en las tendencias de consumo. Esta información es crucial para tomar decisiones informadas y mejorar las estrategias de ventas y marketing (Escobedo Aguilar, 2010) .

Se realizará una encuesta que tendrá como objetivo principal evaluar la receptividad y percepciones de los consumidores respecto a las briquetas de carbón en comparación con el carbón convencional vendido en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, que explorará el conocimiento y la disposición de compra de las briquetas. Se realizará un benchmarking para analizar la posición competitiva de las briquetas. Los resultados se utilizarán para diseñar una estrategia de mezcla de marketing efectiva, orientada a maximizar la aceptación del producto y capitalizar las tendencias de demanda. Para el estudio se realizará un muestreo aleatorio probabilístico, que le da a cada elemento de la población una probabilidad fija. El tamaño de la muestra será calculado utilizando la fórmula estadística para poblaciones finitas utilizada por Aguilar-Barojas (2005):

$$n = \frac{N * Z_{\propto}^{2} * p * q}{e^{2} * (N-1) + Z_{\propto}^{2} * P * q} \quad [1]$$

Donde,

n= Tamaño de la muestra a calcular

N= Tamaño de la población

Z= Nivel de confianza

e= error de estimación

p= probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q(1-p) = probabilidad de que no ocurra el evento

Benchmarking

El benchmarking es un sistema organizado y estructurado que fomenta la innovación y mejora de los productos o servicios de una empresa, permitiéndole mejorar en comparación con la competencia y alcanzar una posición de liderazgo. Este proceso mide la capacidad de realizar tareas de manera más eficiente y eficaz, convirtiéndose en un método de transmisión de conocimiento y generación de nuevas ideas a partir de la experiencia empresarial. (Hernández Rodríguez y Cano Flores, 2017, p. 32)

Se realizará un análisis de benchmarking para evaluar el producto final de briquetas de carbón en comparación con los productos de carbón vegetal convencional que se venden en el Puesto de Ventas. Este análisis se centrará en varias características físicas y comerciales clave, discutidas por Isham-smith (2020) en su artículo Carbón Vegetal vs Briquetas. Estas características son la velocidad de la combustión, la facilidad de uso, el impacto ambiental y la generación de humo que está directamente relacionada al impacto en la salud.

Este benchmarking permitirá identificar las fortalezas y debilidades del producto de briquetas de carbón en relación con sus competidores directos, proporcionando información valiosa para realizar mejoras y posicionar el producto de manera efectiva en el mercado.

Estudio de Viabilidad Económica

El estudio de viabilidad económica comenzará con un análisis de la capacidad de producción, que dependerá de la cantidad de materia prima disponible. Este análisis permitirá proyectar la cantidad de briquetas que se pueden producir en un período determinado, considerando la eficiencia de los procesos y la disponibilidad de recursos. Se buscará fijar el precio, tomando en cuenta las estrategias existentes. La fijación de precio por valor percibido es una estrategia de precios en la que el coste de un producto o servicio se establece según el valor que los consumidores le atribuyen, se

centra en entender como los clientes perciben el valor de una oferta en comparación con otras alternativas. (Vásquez, 2015). La estrategia de fijación de precios basada en la competencia implica determinar el precio de un producto o servicio partiendo de los precios establecidos por los competidores en el mercado, considera factores de mercadeo, ventas y promocionales. Esta estrategia tiene como objetivo posicionar competitivamente a la empresa, asegurándose que sus precios sean atractivos para los consumidores sin sacrificar sus márgenes de ganancia (Mbuya, 2017). La fijación de precios basada en el margen consiste en definir el precio final de un producto añadiendo un margen de beneficio específico al costo de producción. Este método se enfoca directamente en garantizar que cada unidad vendida genere una ganancia predeterminada, cubriendo no sólo los costos iniciales de fabricación, sino también proporcionando un retorno de inversión deseado (Gonzaga, 2017, p. 223). Un precio mayor a la competencia debe asegurar que la propuesta de valor y los beneficios sean identificados, generando un valor percibido por los clientes, que se refiere a la evaluación global por parte del cliente de la utilidad y el desempeño de un producto, con relación a otros que se encuentran en el mercado. (Gallegos Paniagua, 2016, p. 97)

Se identificarán todos los costos asociados a los tratamientos evaluados. Una vez determinados los costos y precios, se creará un flujo de caja para cada tratamiento, lo que permitirá comparar claramente las oportunidades de negocio. Este flujo de caja incluirá proyecciones de ingresos y gastos, proporcionando una visión detallada de la rentabilidad potencial de cada opción.

Posteriormente, se calcularán indicadores financieros. La evaluación de proyectos permite medir las oportunidades desde un punto de vista económica, facilitando la decisión de ejecución del proyecto (Valencia, 2011). Uno de estos será el Valor Actual Neto (VAN), un indicador que muestra el valor adicional que genera un proyecto al cubrir los costos en un horizonte de evaluación determinado (Valencia, 2011). La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una medida de generación relativa de riqueza, ya que devuelve un incremental expresado en porcentaje, de acuerdo al retorno promedio generado por los flujos de efectivo del proyecto (Milanesi, 2017, p. 11). Por último el Período de Recuperación de

la Inversión (PRI) es el tiempo expresado en años que tomará al inversionista recuperar la inversión de un proyecto (Morales et al., 2019, p. 471) .

Resultados y Discusión

Diseño del Prototipo

Globalmente, existen dos tipos de prototipos según Babich (2017). Los de baja fidelidad, tienen como objetivo principal probar la funcionalidad del producto, más no su aspecto visual. Por otro lado, el de alta fidelidad es un producto muy parecido al final y sirve para comprobar, con clientes reales, lo que se espera del producto y sus características (Babich, 2017). Tras la evaluación del prototipo, pueden surgir cambios en su estructura, diseño, funcionalidad, facilidades, e incluso, decisiones más drásticas como el cambio de producto. En este caso se fabricará un prototipo de alta fidelidad, contando con dos elementos: las briquetas de carbón y el empaque.

Diseño de las Briquetas de Carbón

Respecto al diseño de las briquetas de carbón se tomarán en cuenta aspectos como forma y tamaño, ya que estas características desempeñan un papel importante en la manera en que se quema una briqueta y cómo distribuye calor en toda la parrilla, aportando textura y sabor a las comidas. (Fatmarch, 2024).

Se distinguen dos tipos de briquetas de carbón: las briquetas tradicionales, las cuales se caracterizan por contener polvo de carbón y un aglutinante natural como el almidón; y las de encendido instantáneo que poseen un acelerante químico que facilita la combustión y también la acelera, por lo que dura menos tiempo encendido (Green Total, 2023).

Las briquetas según Fatmarch (2024), pueden tener diferentes formas, cada una con diferentes características. Las briquetas rectangulares o cuadradas son fáciles de apilar y almacenar, ideales para cocinar a fuego lento, ya que generan una combustión plana. Sin embargo, pueden ser más difíciles de encender a comparación de otras formas que permiten un mayor flujo de aire.

Figura 1

Briquetas cuadradas (Ecobrasa, s.f.)

También existen las briquetas hexagonales que es la forma preferida por su durabilidad y su baja producción de cenizas, pero dada su forma, suelen ser muy costosas.

Figura 2

Briquetas hexagonales (Shulyi machinery, 2023)

Las briquetas pillow-shaped se distribuyen uniformemente en la parrilla, pero pueden tardar más en alcanzar una temperatura óptima.

Figura 3

Briquetas Pillow-shaped (EldurApi, 2024)

Las briquetas cilíndricas permiten un buen flujo de aire que asiste al encendido inicial, pero puede tener efectos secundarios como permitir que el calor se disipe rápidamente. En caso de que la

briqueta no esté bien compacta o densa, se puede desmoronar o descomponer por el calor elevado y constante en la parrilla.

Figura 4

Briquetas cilíndricas (BBQ Flavour, 2023)

La creación del diseño de las briquetas de carbón marca Zamorano fue un proceso minucioso, cada detalle del diseño debe garantizar un producto excepcional en términos de rendimiento y calidad para responder a las necesidades del cliente.

Se descartaron briquetas como las Pillow-shaped y las hexagonales por la complejidad en cuanto a la maquinaria necesaria para realizarlas. En este estudio se desarrollaron briquetas rectangulares por su característica benéfica de poder apilarse fácilmente y su capacidad para mantener su forma rectangular después de ser compactada. Además, el diseño de una prensa de briquetas rectangulares permitía un menor costo que prensas como las circulares o hexagonales.

Diseño del Empaque

El diseño del empaque es uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de productos, ya que, es la primera conexión entre el cliente y el producto. Hoy en día las empresas llevan a cabo múltiples investigaciones para diseñar sus bolsas, paquetes, logotipos, colores, gráficos y otros. (Smith, 2022). Estas investigaciones no solo se direccionan a la función principal de proteger, almacenar y permitir el transporte, si no que buscan información sobre las preferencias de los clientes,

ayudando a crear un empaque que exponga la identidad de la marca, generando reconocimiento y retención de los clientes.

Con el paso del tiempo, las innovaciones en el diseño del empaque no solo han llevado a la mejora en su presentación, sino que superan tal dimensión para integrarse con la funcionalidad del producto. Casos en los que el empaque no es simplemente un contenedor, sino una parte activa en el uso del producto. Algunos ejemplos incluyen las innovaciones en Eco Fuel África, el empaque de briquetas de carbón (Figura 5), que se presenta en un diseño de bolsa de cordón reutilizable para facilitar el transporte y el uso de sus productos, o en caso de BrasasYa (Figura 6), el uso del cartón como un asistente de ignición en el proceso de encender carbón. Las ideas reflejan el entendimiento de las necesidades del consumidor y el deseo activo de promover la experiencia de usuario de una forma más inclusiva y sostenible.

Figura 5

Empaque Eco-Fuel África (Behance, 2024)

Figura 6

Empaque BrasasYa (BrasasYa, 2024)

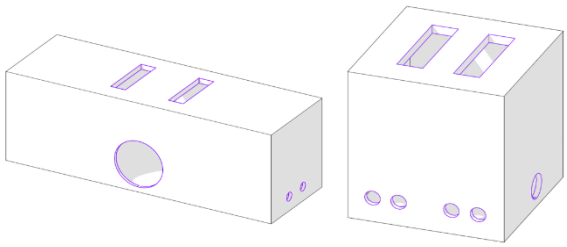
Tomando como referencia el empaque funcional realizado por BrasasYa para encender carbón vegetal, se diseñó el empaque nombrado “Kit de encendido rápido BRICAZ (Briquetas de Carbón Zamorano)”, principalmente para maximizar funcionalidad, potenciar el encendido y eliminar las molestias al encender carbón como lo es ensuciarse las manos o añadir elementos inflamables extra, que resultan molestos y es un desperdicio de recursos. Además, al haber elegido la forma rectangular para las briquetas de carbón, este empaque eliminará el impedimento de encendido generado por la falta de flujo de aire, permitiendo encender eficientemente las briquetas.

El empaque estará compuesto 100% de cartón corrugado, conformado de una caja de dos pisos. El primer piso tiene como función empezar la combustión, con el ingreso del fosforo o la llama que encenderá el kit, contando con puntos de ventilación que aporta oxigenación a la combustión. El segundo piso es donde se encontrarán las briquetas, este cuenta con una chimenea por donde escapará el humo, que a su vez sirve como agarradero al momento del transporte y la compra.

Se diseñaron dos presentaciones de empaque: La presentación plana que cuenta con las medidas de 37x13cm y 12 cm de altura, cuyo objetivo es que entren en parrillas de plancha fija, como es el caso de los kioscos del campus en Zamorano. La segunda presentación cuenta con las medidas de 19x19cm con altura de 19 cm que es adaptable para otros tipos de parrillas, con el fin de ser versátiles con residentes y clientes externos que podrían adquirir el producto Kit de Encendido Rápido BRICAZ. Los diseños del empaque plano y grande se visualizan en la Figura 7.

Figura 7

Diseño del empaque plano y grande



El empaque llevará el logo de Zamorano, por lo que traerá consigo el reconocimiento de la universidad en todo el mercado local. La Escuela Agrícola Panamericana Zamorano se distingue por la educación de calidad, el Aprender Haciendo, y el desarrollo de jóvenes. Las ventas de los productos con marca Zamorano se destinan a financiar becas para jóvenes que no puedan cubrir los costos de la universidad. Cada compra es una contribución al acceso de educación de tercer nivel a jóvenes merecedores de esta oportunidad.

Llevar el logo de Zamorano es una característica diferenciadora del producto en el mercado, fortaleciendo la identidad de la marca, su constante compromiso con la educación y el desarrollo de jóvenes en Latinoamérica y el Caribe.

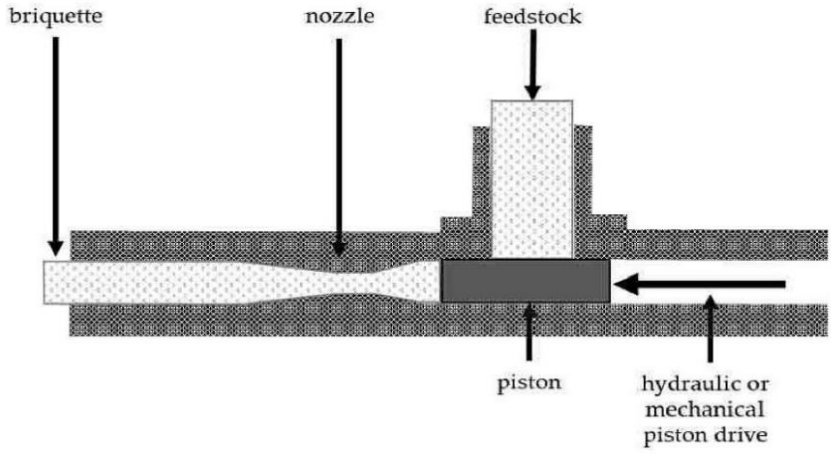
Diseño de la Prensa

Este mecanismo tiene como función moldear la forma y tamaño deseados, también elimina la porosidad que podría afectar la calidad de las briquetas. Asimismo, elimina el aglutinante excesivo generando un aumento en el poder calorífico resultante. (Vilet, 2021). Hay varios equipos que varían en cuanto a su funcionamiento y forma de compactar:

Prensa de pistón mecánico: Consta de un ariete y una matriz, impulsada por un motor de rango eléctrico. Los materiales que se pueden densificar incluyen desechos agrícolas, polvo de carbón, aserrín, virutas, y corteza de árbol. La densidad resultante del proceso de prensado tiene como resultado briquetas que oscilan entre 1000 y 1200 Kg/m^3 de densidad. (Kpalo et al., 2020).

Figura 8

Prensa de pistón (Kpalo et al., 2020)



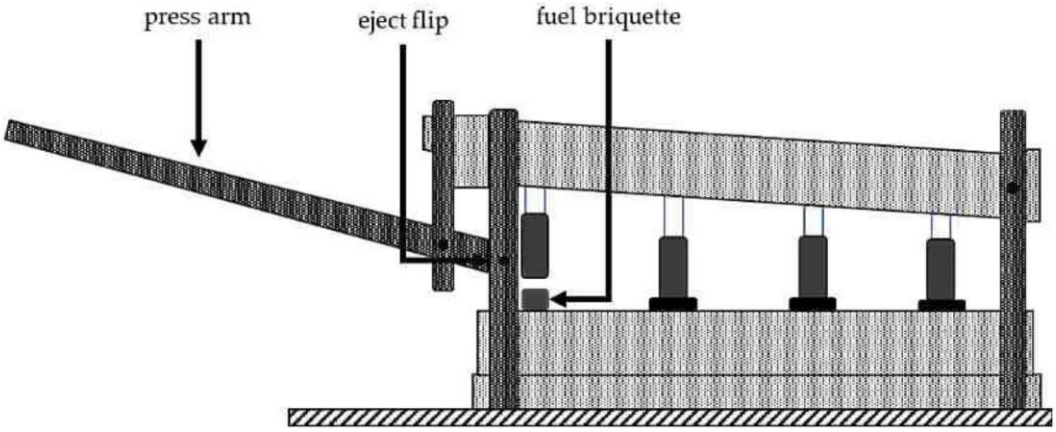
Prensa hidráulica de pistón: Tiene un funcionamiento como la prensa de pistón mecánico, pero la energía al pistón la ejerce un cilindro operado por un sistema hidráulico. Las capacidades de producción típicas de estas máquinas están en el rango de 50 a 400 Kg/h y pueden tolerar contenidos de humedad superiores al 15%. Generalmente produce briquetas con una densidad aparente inferior a 1000 Kg/$m^{3,}$ porque la presión es limitada a 30 MPa. (Kpalo et al., 2020).

Prensa de rodillo: Se considera una tecnología estándar mundial para producir briquetas en forma de almohadas. La prensa de rodillos funciona según el principio de presión y aglomeración. Consiste en dos rodillos cilíndricos del mismo diámetro que giran horizontalmente en direcciones opuestas paralelas. Las densidades aparentes típicas oscilan entre 450 y 550 Kg/m^3. (Kpalo et al., 2020)

Prensa manual: Es una tecnología artesanal de diseño variable, manejada con las manos y sin electricidad. Un ejemplo es la prensa manual WU-Presser (Figura 9), desarrollado por la Universidad de Washington, EE. UU. La prensa puede ser hecha tanto de metal como de madera, siendo esta última la más común. Estas máquinas funcionan con una presión mínima y se requiere la adición de aglutinante a la materia prima. Las prensas manuales se caracterizan por bajos costos de capital, bajos costos operativos y bajos niveles de habilidad requeridos para operar la tecnología. La capacidad de producción dependerá del diseño de la prensa (Kpalo et al., 2020).

Figura 9

Prensa manual WU_Presser (Kpalo et al., 2020)

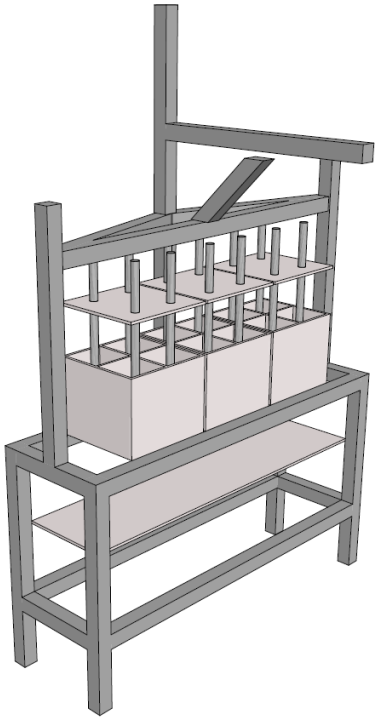


Se diseñó una prensa con sistema manual inspirado en la WU-Presser, ya que una briqueteadora hidráulica, de pistón o de rodillos está fuera del alcance del proyecto por tema de costos y capacidad de producción.

El diseño fue realizado de metal y consta de 12 moldes como se aprecia en la Figura 10, cada uno de 6x6cm, y 20 cm de altura. Cada molde deberá tener agujeros para que el exceso de aglutinante pueda ser expulsado de la briqueta y no afecte a la combustión en la evaluación del producto. Esta prensa cuenta con 12 tuercas conectadas encima de las tapaderas, uno por cada molde, para que se pueda calibrar el llenado de la mezcla, también para ajustar al momento de compactar y asegurarse que todas las briquetas reciban la misma presión sin importar su posición y ángulo. La compresión se realizará haciendo una fuerza hacia abajo mediante la palanca central. Por último, el sistema debería tener una base desplegable que asiste a la posterior extracción de las briquetas.

Figura 10

Diseño de la prensa manual



Estudio Técnico

Recolección y Preparación de Materia Prima

Hay diferentes tipos de biomasa que se pueden utilizar en la fabricación de briquetas de carbón después de pasar por un proceso de carbonización. La biomasa natural es la que se produce de forma espontánea, principalmente de podas naturales en bosques, por lo que su forma, granulometría y contenido de humedad son muy variables (Raffaeli, 2021, p. 162). Otro tipo de biomasa es la residual húmeda que procede de vertidos biodegradables formados por aguas residuales urbanas e industriales. Por último, la biomasa residual seca procede de subproductos sólidos, a consecuencia de actividades agrícolas y forestales, en su mayoría, en industrias transformadoras de madera. (Raffaeli, 2021, p. 162).

La biomasa de residuos forestales o agrícolas es utilizada comúnmente para realizar carbón, briquetas, pellets y demás. Por ejemplo, Sanamé Guzman (2017) hizo un estudio utilizando residuos

maderables del algarrobo, un árbol representativo de Perú. O Salcedo (2021) que utilizó las hojas de teca para realizar briquetas de carbón. Además, los subproductos de algunos cultivos son ampliamente utilizados, como el estudio de factibilidad realizado por Toala (2010) donde realizó briquetas de carbón utilizando tamo de arroz.

Dado a la esencia del proyecto y los principios de la economía circular, se crearon espacios de diálogo con los encargados de la Unidad de Forestales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, con el fin de plantear la idea de realizar briquetas de carbón con los desechos de madera que se generan. De esta manera, se busca generar un subproducto que aporte ingresos adicionales a las actividades normales de la unidad. Todos estos desechos maderables de las actividades productivas en el aserradero y la carpintería de la Unidad de Forestales son comercializados como mulch y vendidas al público con el valor de L 50/pie^3, sin embargo, las ventas son esporádicas y no generan un ingreso constante o representativo. Por ende, junto con los instructores se tomó la oportunidad de utilizar el mulch como materia prima para llevar a cabo el proceso de carbonización necesario en la elaboración de las briquetas de carbón.

Figura 11

Mulch generado en la Unidad de Forestales

El aserradero y la carpintería generan en promedio 6,600 Kg de residuos maderables al año que son triturados y almacenados en bolsas para comercializarlas como mulch en la industria agrícola. Para utilizar este producto como materia prima, se tiene que seguir pruebas de calidad que aseguren la eficiencia del proceso de carbonización posterior. La humedad del mulch que se planea carbonizar debe estar abajo de 12%, lo que se logró con la asistencia de un medidor de humedad de madera modelo CEM DT-129 (Figura 12)**.**

Figura 12

Medidor de humedad CEM DT-129

Se logró alcanzar una humedad promedio de 7.7% obtenida de una muestra de 15 datos. Posterior a la medición de humedad, se pesó la muestra de mulch y se logró un ejemplar de 7.15 Kg que será carbonizado para realizar pruebas de eficiencia en la conversión a carbón. Por otro lado, la leña es un factor importante durante el proceso de carbonización permitiendo que la pirólisis se realice. Este material tuvo un promedio de porcentaje de humedad de 7.2%. Estos datos se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Porcentajes de humedad

Muestras	% Humedad Mulch	% Humedad leña
1	9.5	7.8
2	7.9	6.7
3	10.3	6.3
4	6.5	6.6
5	7.7	7.8
6	6.3	7.5
7	6.7	6.2
8	8	6.4
9	7.9	7.7
10	8.8	7.1
11	8.2	7.7
12	7.7	6.9
13	7.3	6.8
14	6.7	8.4
15	6.5	8.2

Proceso de Carbonización

Un proceso de carbonización es un método de tratamiento térmico que se realiza en ausencia de oxígeno y en altas temperaturas, transformando la biomasa o madera en carbón vegetal mediante la eliminación de compuestos volátiles como el agua y otros gases.

Este proceso permite que la densidad de la biomasa aumente, teniendo como resultado un mayor contenido energético por unidad de volumen. Al obtener un material más denso, los costos de transportar el producto bajan, al ocupar menos espacio. Por otro lado, la emisión de humo de un material carbonizado es evitada, ya que el material carbonizado produce esencialmente CO_2 y CO al quemarse (Quesada, 2012, p. 16).

Uno de los procesos más comunes es la pirólisis, que es un proceso termoquímico en el que los materiales orgánicos son sometidos a temperaturas superiores a 400°C en condiciones de bajo o nulo oxígeno, convirtiéndolos en materiales de alta densidad energética (Vilca et al., 2022, p. 44). Otro proceso derivado de la pirólisis es la torrefacción seca, una técnica utilizada para la producción de carbón empleando una velocidad de calentamiento baja, y por esta razón es denominado un proceso de pirólisis incompleto. Sucede a temperaturas entre 200 a 300°C (Vilca et al., 2022, p. 44).

Por otro lado, existe la carbonización hidrotermal, que es un método de conversión termoquímica utilizado mayormente en biomasa húmeda, calentándola en un reactor tipo autoclave a temperaturas de 180 a 250°C y generando subproductos en fase líquida como el bioaceite. De este proceso resulta un carbón con un alto poder calorífico (Lozano y Sogamoso, 2022). Finalmente, la gasificación es un proceso que ocurre en dos momentos. El primero donde se da la carbonización con gasificación de la madera, obteniendo carbón. Y el segundo donde ocurre la gasificación del carbón, convirtiéndola en ceniza (Vilca et al., 2022, p. 44).

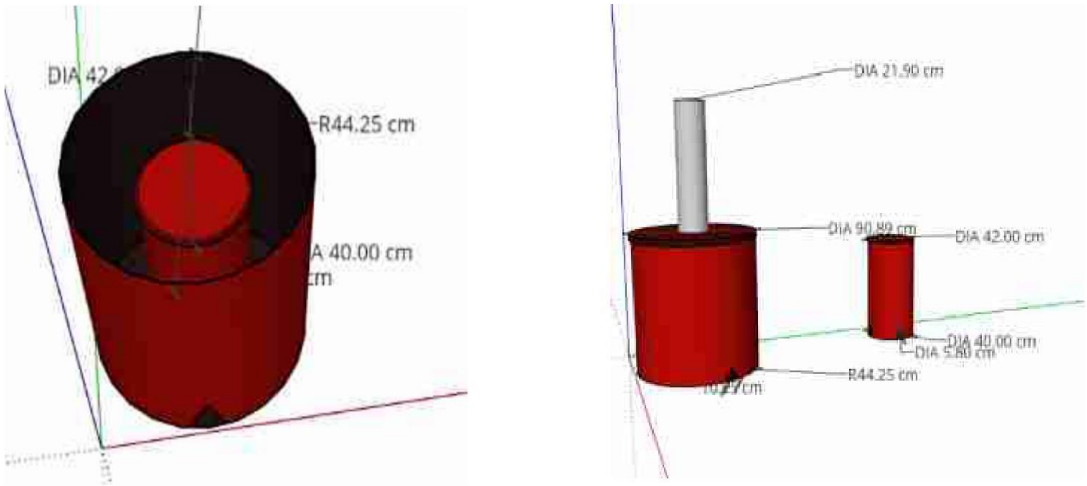
El método utilizado para carbonizar los residuos maderables fue la pirólisis, principalmente por la disponibilidad del equipo en la Unidad de forestales. Este reactor fue fabricado artesanalmente por Pineda Rivera (2023) que realizó un estudio de aprovechamiento de las hojas de palma para realizar carbón vegetal, realizado en la Unidad de Forestales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Para pirolizar el mulch utilizado como materia prima en la elaboración de briquetas de carbón, se utilizó un reactor pirolítico artesanal que se conforma de dos barriles, uno interno y otro externo, como se muestra en la Figura 13. En el interno se coloca la materia prima, el cual debe calentarse a una temperatura mayor a 300°C que es generada por la combustión de leña, situados en el barril externo.

El calor generado en el barril exterior causado por la leña es transmitido por conducción al barril interno. De igual forma, los agujeros en el barril interno aportan a las condiciones necesarias para la pirólisis, limitando el paso de oxígeno (Pineda Rivera, 2023).

Figura 13

Reactor pirolítico (Pineda Rivera, 2023, p. 24)



Selección de Aglutinante

La selección del aglutinante a utilizar es un proceso que debe realizarse mediante experimentación y evaluación, por lo que se realizarán tres tratamientos con tres diferentes aglutinantes.

Se utilizará como primer aglutinante, el almidón de yuca que es ampliamente utilizado en su forma natural y también es modificado para mejorar propiedades como la viscosidad y gelificación, principalmente para usos industriales, incluidas las briquetas de carbón. La yuca es una planta que produce raíces tuberculosas. Estas raíces son comestibles y constituyen una fuente de carbohidratos importantes para 500 millones de personas en África, Asia y América. (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2003). De estos tubérculos se extrae una gran cantidad de almidón que podría servir para unir las partículas de carbón. El almidón es uno de los polímeros naturales más importantes que se puede extraer en semillas de cereales y leguminosas, entre otras. La temperatura del almidón de yuca en el proceso de gelatinización es comparativamente más baja que la de otros almidones, oscilando entre 49 y 64 °C. (Vargas Aguilar y Hernández Villalobos, 2012, p. 40).

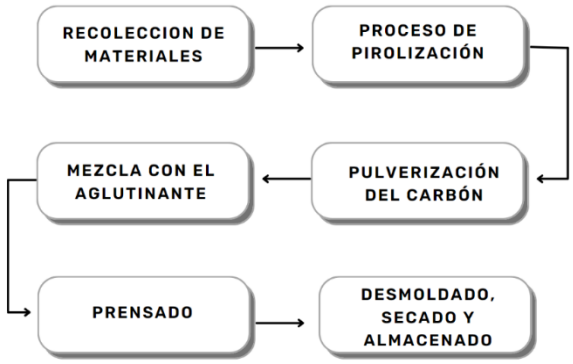
Un segundo tratamiento se realizará con cera de abeja, un producto derivado de la apicultura y utilizado mayormente como un insumo para la elaboración de otros productos en diferentes mercados como medicina alternativa y cosméticos. La cera de abeja es un producto segregado por las abejas entre 12 y 30 días, en forma de pequeñas escamas redondeadas. El organismo de las abejas la fabrican a partir de los componentes de la miel y algunas sustancias activadoras del polen (Gomez Pajuelo, 2002). Si bien es cierto, no es considerado un producto inflamable, sin embargo, por sus características físicas y químicas, puede sostener una llama al ser expuesta directamente a esta. El punto de fusión de la cera de abeja en promedio es de 63°C.

Por último, se utilizará un producto derivado de la madera. La resina de pino ocote, obtenida del árbol de pino del género Pinus, es un aglutinante natural que podría ser utilizado en la producción de briquetas de carbón. Además de su efectividad como aglutinante, la resina de pino ocote aporta beneficios adicionales, como una combustión más limpia y una liberación de calor más uniforme. Su origen renovable y biodegradable la convierte en una opción ambientalmente amigable para la fabricación de briquetas de carbón, ofreciendo una alternativa sostenible a los aglutinantes sintéticos.

Proceso de Fabricación de las Briquetas de Carbón

Figura 14

Diagrama de flujo de la fabricación de briquetas de carbón



El proceso de manufactura de las briquetas de carbón se inicia con la recolección selectiva de materiales primarios, siendo la madera designada para tratamiento, el mulch, así como la leña para la alimentación del proceso de pirolización. El mulch se dispone en el barril interior mientras que la leña se coloca en el barril exterior; tras encender el fuego, se procede a sellar herméticamente el contenedor por la naturaleza del proceso de pirolisis que utilizamos. Para este propósito, se empleó barro (Figura 15), el cual se origina al poner las rocas feldespáticas al contacto con el agua, produciendo así un material llamado caolinita o silicato alumínico dihidratado. Cuando este material es erosionado por más tiempo, se generan las arcillas que son clave para la generación del barro. (González, 2020).

Figura 15

Reactor pirolítico sellado herméticamente con barro

Después de un periodo de pirolización de 24 horas, se permite que el carbón resultante se enfríe antes de someterlo a una evaluación de rendimiento mediante su pesaje, el cual fue de 25.1% en promedio, como se observa en el Cuadro 2. A continuación, el carbón se somete a un proceso de trituración mediante un rodillo hasta obtener una consistencia polvorienta, pasando por un tamiz de 2 mm para eliminar cualquier cristal de tamaño mayor. Posteriormente, se procede a la adición del aglutinante y su mezcla hasta alcanzar una homogeneidad óptima. La mezcla resultante se dispone inmediatamente en los moldes de la prensa, donde se compacta para eliminar el exceso de aglutinante. Una vez compactadas, las briquetas se desmoldan cuidadosamente mediante el sistema

de la prensa, desplegando la base de estas. Finalmente, las briquetas se someten a un proceso de secado en un espacio donde no reciba rayos del sol ni contaminaciones. El tiempo de secado dependerá de cada tratamiento, principalmente por la variable del aglutinante.

Cuadro 2

Rendimiento de mulch a carbón vegetal

Muestras	Mulch (Kg)	Carbón (Kg)	Rendimiento
1	7.4	1.9	25.3%
2	7.5	1.8	24.1%
3	7.4	1.9	25.8%
4	7.5	1.9	25.4%
5	7.6	1.9	24.7%
Promedio:			25.1%

Experimento 1 - Almidón de Yuca

Antes de empezar con la realización de la mezcla entre el almidón de yuca y el polvo de carbón, es necesario ya haber pulverizado el carbón y preparar el aglutinante. El almidón debe gelatinizarse (Figura 16) a una temperatura entre 49 y 64°C como lo sugieren Vargas Aguilar y Hernández Villalobos (2012). Una vez alcanzada la gelatinización se debe realizar la mezcla con el polvo de carbón, siendo sus proporciones de 57% de almidón de yuca y 43% de polvo de carbón, determinado tras la evaluación y el método de prueba-error.

Figura 16

Almidón de yuca

Antes de ingresar la mezcla a la prensa, se la debe calibrar haciendo uso de los pernos que se encuentran encima de las tapaderas (Figura 17). Se calibró la prensa para obtener briquetas de una

altura de 10. 5 cm en promedio tomando en cuenta que, por la naturaleza de la prensa, no tendrán una altura estandarizada todas las briquetas.

Figura 17

Prensa manual

Se ingresa la mezcla a la prensa y se hace presión que permita que todo el aglutinante excesivo salga del molde por los agujeros diseñados en la prensa. Una vez prensadas, se retira la mezcla bajando las tapaderas inferiores y haciendo presión con la palanca principal, como si se estuviera prensando. La briqueta saldrá y se podrá secar por un periodo de 48 horas aproximadamente.

Figura 18

Briqueta de almidón de yuca

La combustión de la briqueta con almidón de yuca tuvo un promedio de tiempo de combustión de 176 minutos sin la exposición continua de viento, generando una combustión constante y plana. El encendido fue rápido y fácil y el humo que generó fue muy bajo. La generación de residuos fue mínima, obteniendo una briqueta que se consume totalmente.

Figura 19

Combustión de la briqueta de almidón de yuca

Experimento 2 - Cera de Abeja.

Se adquirió la cera de abeja (Figura 20) y se la llevó a su punto de fusión de 63°C con la ayuda de una estufa eléctrica.

Figura 20

Cera de abeja

Luego de varias pruebas de evaluación y proporción, se determinó que la fórmula perfecta que permita la unión exacta de la mezcla fue de 65% de cera de abeja y 35% de polvo de carbón. Se debe preparar una mezcla homogénea. Un aspecto muy característico que se determinó fue que el proceso se debe realizar en caliente, manteniendo una temperatura que no permita que la cera se solidifique.

Después de ingresar la mezcla en la prensa, se debe generar una presión media-baja que no permita que toda la cera se expulse del molde, esto generará que la briqueta se mantenga sólida después de su extracción. La mezcla debe permanecer dentro del molde 10 minutos, para permitir que la cera se solidifique un poco y se pueda extraer completa.

Figura 21

Briqueta de cera de abeja

La cera de abeja se solidifica muy rápido por lo que solo necesita un tiempo de secado de 24 horas en sombra para que los rayos del sol no afecten a la dureza de la briqueta. De este tratamiento se obtuvo una vela de cera y carbón, como se observa en la Figura 21.

El proceso de fabricación de briquetas de carbón con cera de abeja presenta una serie de desafíos significativos. Uno de los principales problemas es que, durante el procedimiento, la cera se solidifica y se adhiere a todos los implementos utilizados, incluida la prensa. Esta solidificación hace que la limpieza posterior sea extremadamente difícil, ya que la cera se pega firmemente a las

superficies, complicando su remoción y requiriendo de un esfuerzo considerable para dejar los equipos en condiciones óptimas.

Durante la evaluación en la parrilla, se observó que la cera de abeja es muy fácil de prender y genera una llama rápidamente. Sin embargo, esta llama es considerablemente más grande que la producida por el carbón normal (Figura 22), lo que resulta en la cocción desigual de los alimentos: los quema por fuera mientras los cocina, pero no de manera controlada. Debido a esto, su uso podría ser más adecuado para aplicaciones industriales que no involucren la preparación de alimentos con exposición directa a la llama.

Figura 22

Combustión de la briqueta de cera de abeja

Otro aspecto importante es que la llama generada quema únicamente la cera de abeja, dejando una considerable cantidad de polvo de carbón como residuo. La llama se apaga una vez que la cera se evapora. Además, la estabilidad de las briquetas dentro de la parrilla es un problema, ya que tienden a desmoronarse, lo que provoca que se apaguen más rápidamente. En general, una briqueta de cera de abeja dura en promedio solo 59 minutos y genera una cantidad considerable de humo, lo cual puede ser una desventaja significativa para su uso en parrillas tradicionales.

Experimento 3 - Resina

Para realizar este tratamiento es fundamental tener carbón adecuadamente pulverizado y la resina de pino ocote preparada como aglutinante que será explicada a continuación: la preparación

de la resina requiere elevar la temperatura hasta los 80°C para que esta adquiera una consistencia fácil de manejar, posteriormente se procede eliminar las impurezas de la resina como pedazos de corteza, insectos, entre otros, se realiza mediante un tamiz. La proporción de la mezcla consiste en un 41% de polvo de carbón y 59% de resina de pino ocote, lo cual ha sido definido tras varios ensayos.

La combustión de las briquetas realizadas con resina se dividió en dos etapas: la primera donde se generó una llama alta, y la segunda donde la briqueta se empezó a consumir por completo. Las briquetas tuvieron un tiempo de combustión promedio de 159 minutos. La facilidad de encendido fue notable, demostrando la alta inflamabilidad de la resina. El residuo final consistió en una acumulación considerable de ceniza.

Figura 23

Briqueta de resina de pino

Figura 24

Primera combustión de la briqueta de resina

Figura 25

Segunda combustión de la briqueta de resina

Análisis Estadístico

En un diseño completamente al azar todas las posibles fuentes de variación o de influencia están controladas y solo existe un cambio por el factor a estudiar, con el fin de asegurar la homogeneidad de las condiciones y evitar el sesgo. (UNAM, 2019). Las unidades experimentales serán las briquetas de carbón las cuales pasarán por un proceso de combustión al azar para asegurar que las condiciones sean igualitarias para todas las unidades experimentales. El factor para estudiar será el aglutinante utilizado para las briquetas, siendo el único elemento que diferirá de cada unidad experimental.

Los datos recopilados de la combustión de 10 briquetas de cada tratamiento arrojaron dos tipos de variables. Las variables de escala también llamadas cuantitativas o continuas son datos medidos en una escala de intervalo o de razón. (IBM, 2023). Las variables ordinales son las que representan categorías con alguna clasificación intrínseca como escalas de satisfacción, preferencias u otras (IBM, 2023)

Tomando en cuenta las variables de escala: Densidad aparente (den_apa), cantidad de residuos (con_resi), tiempo de combustión (tiem_comb), y masa (masa), se realizó una estadística descriptiva para tener una visión general de los datos recopilados utilizando el software JASP.

Cuadro 3

Estadística descriptiva

Descripción	den_apa	con_resi	tiem_comb	masa
Datos válidos	30	30	30	30
Datos no válidos	0	0	0	0
Mediana	0.98	6.5	158.500	224.5
Media	0.844	5.367	131.367	196.167
Desviación Estándar	0.239	2.619	52.823	54.821
Shapiro-Wilk	0.717	0.836	0.752	0.721
Valor-p de Shapiro-Wilk	<.001	<.001	<.001	<.001
Rango	0.59	8.000	136.000	135.000
Mínimo	0.48	1.000	51.000	115.000
Máximo	1.07	9.000	187.000	250.000

La densidad aparente media de las briquetas es de 0.980 g/cm^3, con una desviación estándar de 0.239 g/cm^3. La cantidad de residuos promedio es de 6.5 g con una desviación estándar de 2.619 g. El tiempo de combustión tiene una media de 158.5 minutos y una desviación estándar de 52.823 minutos. Por último, la masa tiene una media de 224.5 g y una desviación estándar de 54.821 g.

Para determinar si los datos tienen una distribución normal se realizó una prueba de normalidad. La prueba de Shapiro-Wilk genera una hipótesis nula que plantea que la distribución de la variable es normal, y una alterna donde la distribución no es normal. Esta prueba es aplicable cuando se analizan muestras compuestas por menos de 50 elementos. (Parada, 2019). A un nivel de significancia de 5%. Todas las variables de escala presentan una distribución no normal con un p-valor < 0.001. Esta distribución se observa en las figuras 26, 27, 28, 29, para cada variable de escala, utilizando gráficos Q-Q que se utilizan para evaluar si un conjunto de datos proviene de alguna distribución teórica, principalmente, normal. (Bobbitt, 2024)

Figura 26

Distribución de la densidad aparente

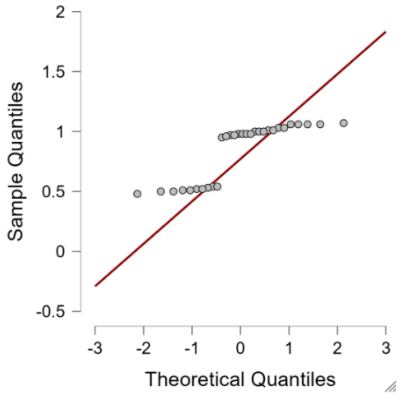


Figura 27

Distribución de la cantidad de residuos

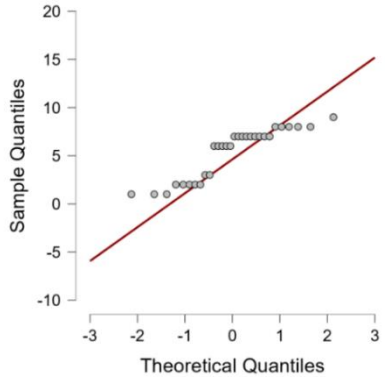


Figura 28

Distribución del tiempo de combustión

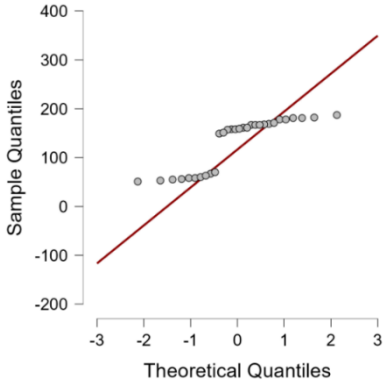
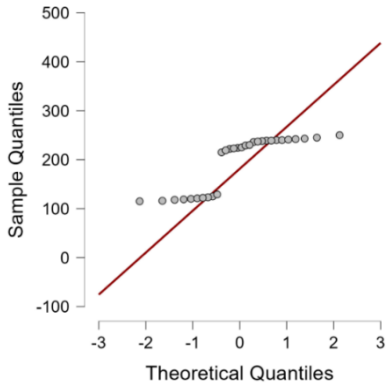


Figura 29

Distribución de la masa



Es crucial identificar la naturaleza de la distribución de los datos. La normalidad de los datos es un supuesto primordial para realizar pruebas estadísticas paramétricas como el ANOVA. Sin embargo, tras la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se identificó que las variables de escala como masa, densidad aparente, tiempo de combustión y cantidad de residuos no siguen una distribución normal, por lo que se realizó una transformación de datos utilizando logaritmo natural. La transformación de datos es una herramienta que constituyen un aspecto importante en la limpieza de datos, para cumplir con algunos supuestos de normalidad y la igualación de la varianza. Algunas de las transformaciones tradicionales más comúnmente discutidas incluyen: sumar constantes, raíz cuadrada y convertir a escalas logarítmicas. (Osborne, 2010, p. 2).

Cuadro 4

Estadística descriptiva de datos transformados

Descripción	den_apa	con_resi	tiem_comb	masa
Datos válidos	30	30	30	30
Datos no válidos	0	0	0	0
Media	5.234	-0.217	1.491	4.771
Desviación Estándar	0.319	0.324	0.712	0.507
Shapiro-Wilk	0.702	0.699	0.775	0.722
Valor-p de Shapiro-Wilk	<.001	<.001	<.001	<.001
Mínimo	4.745	-0.734	0.000	3.932
Máximo	5.521	0.068	2.197	5.231

Como se observa en el Cuadro 4, los datos siguen mostrando una distribución no normal, por lo que se procedió a realizar pruebas no paramétricas que no necesitan que los datos sigan una distribución específica. La prueba de Kruskal-Wallis es un estadístico no paramétrico que se usa para comparar tres o más grupos independientes, y no asume normalidad en los datos como la prueba ANOVA. (Quispe et al., 2019). Esta prueba se basa en los rangos y no en los valores originales, por lo que la hipótesis nula será que las medianas de los grupos son estadísticamente iguales, y la alterna que las medianas de los grupos son diferentes. Se realizó un análisis individual por cada variable, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis para concluir si existen diferencias estadísticas por cada tratamiento, y un análisis post hoc, como herramienta para identificar específicamente dónde se encuentran las diferencias significativas, comparando cada tratamiento.

Cuadro 5

Prueba Kruskal-Wallis para la variable masa

Factor	Estadístico	df	p
Tratamiento	24.708	2	<.001

Cuadro 6

Análisis de comparación Post hoc para la variable masa

Aglutinante	Aglutinante	Diferencia de media	Error estándar	t	Ptukey
Almidón	Cera de abeja	-105.500	2.456	-42.962	<.001
	Resina	-120.600	2.456	-49.111	<.001
Cera de abeja	Resina	-15.100	2.456	-6.149	<.001

El p-valor obtenido de 0.001, a un nivel de significancia del 5%, sugiere que existen diferencias significativas en la masa de las briquetas en al menos uno de los tratamientos.

Por otro lado, la comparación Post Hoc, compara cada tratamiento con otro. Analizando el tratamiento con almidón y con cera de abeja se obtuvo que la masa de las briquetas tratadas con almidón es 105.5 g menos que la masa de las briquetas con cera de abeja. La masa de las briquetas de almidón es 120.6 g menos que la masa de las realizadas con resina. Por último, la masa de las

briquetas de cera de abeja es 15.1 g menos que las elaboradas con resina de pino. Todas las comparaciones muestran un p-valor de < 0.001 lo que indica que existe una diferencia significativa en cada uno de los tratamientos en términos de masa.

Las briquetas realizadas con almidón de yuca son más ligeras que las realizadas con cera de abeja o resina. Es importante considerar la influencia que tiene la masa en la percepción de valor y cantidad por parte de los consumidores. El producto Bricaz es comercializado por cantidad de briquetas por kit, por lo que la masa se vuelve un aspecto importante en la facilidad de transporte por parte del cliente, lo que resulta en que las briquetas de almidón sean más beneficiosas en comparación con las otras.

Cuadro 7

Prueba Kruskal-Wallis para la variable densidad aparente

Factor	Estadístico	df	p
Tratamiento	25.108	2	<.001

Cuadro 8

Análisis de comparación Post hoc para la variable densidad aparente

Aglutinante	Aglutinante	Diferencia de media	Error estándar	t	Ptukey
Almidón	Cera de abeja	-0.463	0.010	-47.605	<.001
	Resina	-0.523	0.010	-53.774	<.001
Cera de abeja	Resina	-0.060	0.010	-6.169	<.001

El p-valor de la prueba de Kruskal-Wallis es > 0.001 lo que sugiere que existen diferencias significativas en la densidad aparente de los tratamientos. La comparación Post Hoc muestra que las briquetas realizadas con almidón de yuca tendrán una densidad aparente de 0.463 g/cm^3 menos que las realizadas con cera de abeja y 0.523 g/cm^3 menos que las tratadas con resina de pino. Por otro lado, la densidad aparente de las briquetas con cera de abeja son 0.060 g/cm^3 menos que la densidad media de las briquetas de resina de pino.

Las briquetas de almidón de yuca, al ser menos densas, ofrecen ventajas significativas para el almacenamiento y transporte. Su menor densidad permite manejar mayores volúmenes con menos peso, lo que puede reducir los costos logísticos y mejorar la manejabilidad del producto.

Cuadro 9

Prueba Kruskal-Wallis para la variable cantidad de residuos

Factor	Estadístico	df	p
Tratamiento	20.573	2	<.001

Cuadro 10

Análisis de comparación Post hoc para la variable cantidad de residuos

Aglutinante	Aglutinante	Diferencia de media	Error estándar	t	Ptukey
Almidón	Cera de abeja	-5.000	0.364	-13.731	<.001
	Resina	-5.400	0.364	-14.83	<.001
Cera de abeja	Resina	-0.400	0.364	-1.099	0.523

La prueba de Kruskal-Wallis indica que hay diferencias significativas en la cantidad de residuos entre al menos uno de los tratamientos. La comparación Post Hoc muestra que existe una diferencia significativa en cuanto a la comparación entre las briquetas de almidón y las de cera de abeja o resina, pero este análisis muestra que el tratamiento con cera de abeja y resina de pino no tienen una diferencia significativa en cuanto a la cantidad de residuos. Las briquetas de almidón generan 5 g menos que las de cera de abeja, y 5.4 g menos que las de resina de pino.

Es importante determinar que las briquetas realizadas con almidón de yuca generan menos cantidad de residuos lo que puede ser beneficioso para los clientes que ven molesto la limpieza del asador por los residuos generados por el carbón vegetal convencional.

Cuadro 11

Prueba Kruskal-Wallis para la variable tiempo de combustión

Factor	Estadístico	df	p
Tratamiento	24.63	2	<.001

Cuadro 12

Análisis de comparación Post hoc para la variable tiempo de combustión

Aglutinante	Aglutinante	Diferencia de media	Error estándar	t	Ptukey
Almidón	Cera de abeja	116.700	2.987	39.076	<.001
	Resina	16.600	2.987	5.558	<.001
Cera de abeja	Resina	-100.100	2.987	-33.517	<.001

Existe una diferencia significativa entre todos los tratamientos. Las briquetas con almidón duran 116.7 minutos más que las de cera de abeja, y 16.6 minutos más que las de resina. Por otro lado, las briquetas realizadas con cera de abeja duran 100.1 minutos menos que las de resina.

Las briquetas de almidón son las que duran más, seguidas por la de resina y luego las de cera de abeja. Esta característica es muy importante en la percepción de los clientes, por lo que podría ser una variable que influenciará drásticamente en la toma de decisiones.

Por otro lado, para las variables ordinales de emisión de humo y facilidad de encendido, se evaluaron mediante escalas ordinales. Una escala de medición ordinal se logra cuando las observaciones pueden colocarse en algún orden relativo que muestre la categoría de datos en la que se evalúan. (Coronado, 2007, Sec1:85). Para la facilidad de encendido, la escala fue la siguiente:

1= Muy fácil de encender

2= Fácil de encender

3= Moderadamente fácil de encender

4= Difícil de encender

5= Muy difícil de encender

Para la emisión de humo se usó la siguiente:

1= Emisión de humo muy baja

2= Emisión de humo baja

3= Emisión de humo moderada

4= Emisión de humo alta

5= Emisión de humo muy alta

Los datos de facilidad de encendido muestran una variabilidad nula, es decir, muestran comportamientos consistentes en cuanto al tratamiento que se utilice. Las briquetas realizadas con cera de abeja y resina emitieron un alto humo, pero fueron fáciles de encender, especialmente, las de resina de pino calificada como muy fácil de encender. Las briquetas realizadas con almidón emitieron un humo muy bajo y fueron fáciles de encender, lo que puede ser clave en la decisión final del mejor tratamiento.

Finalmente, la correlación expresa el grado de asociación entre dos variables. Uno de los métodos no paramétricos es la utilización del coeficiente de correlación de Spearman, que utiliza los rangos, números de orden, de cada grupo de sujetos y compara dichos rangos. (Mondragón, 2014).

Cuadro 13

Correlación de Spearman

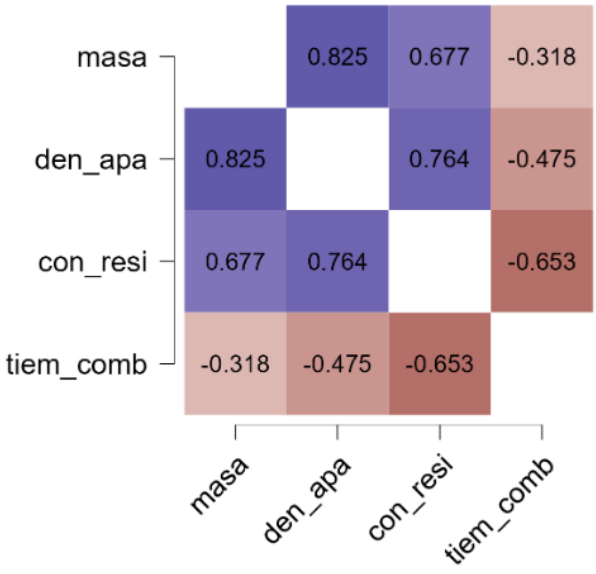
Variable		masa	den_apa	con_resi	tiem_comb
1. masa	Spearman´s rho	_			
	p-value	_			
2.den_apa	Spearman´s rho	0.825	_		
	p-value	<.001	_		
3.con_resi	Spearman´s rho	0.677	0.764	_	
	p-value	<.001	<.001	_	
4.tiem_comb	Spearman´s rho	-0.318	-0.475	-0.653	_
	p-value	0.087	0.008	<.001	_

La variable masa muestra una correlación significativa con las variables densidad aparente y cantidad de residuos, mostrando una fuerte correlación positiva (0.825) y una correlación positiva (0.677), respectivamente. Esta correlación quiere decir que las briquetas con mayor masa tienden a tener una mayor densidad aparente y producen más residuos tras la combustión. Por otro lado, se identifica una correlación negativa (-0.318) entre masa y tiempo de combustión, pero no es estadísticamente significativo a un nivel de significancia del 5%, por lo que no se puede descartar que esta correlación es producto del azar.

La densidad aparente tiene una fuerte correlación positiva (0.764) con la cantidad de residuos, lo que indica que, a mayor densidad de las briquetas, habrá mayor cantidad de residuos. Además, existe una correlación negativa significativa (-0.475), esto sugiere que las briquetas con mayor densidad aparente tienden a tener menor tiempo de combustión. Por otra parte, la cantidad de residuos tiene una fuerte correlación negativa (-0.653), lo que indica que un mayor contenido de residuos está asociado a un menor tiempo de combustión.

Figura 30

Mapa de calor de correlaciones



Empaquetado y Almacenado

Tras completar este proceso meticuloso, se inicia la etapa de empaquetado y almacenamiento de las briquetas de carbón. Esto implica la preparación de los Kits de encendido rápido BRICAZ, en sus dos presentaciones: la opción plana de 7 briquetas de carbón, y la versión grande de 10 unidades. El kit de encendido rápido potenciará la facilidad de encendido evitando la manipulación antes de la combustión. Estas briquetas se colocan manualmente en los kits, los cuales se sellan para garantizar su seguridad durante el transporte. Cada kit proveniente de los tres tratamientos tiene un peso neto específico:

Cuadro 14

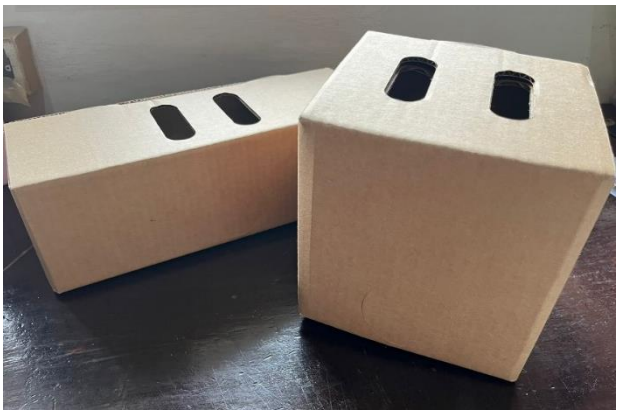
Peso neto del Kit BRICAZ por tratamiento

Aglutinante	Kit BRICAZ plana (Kg)	Kit BRICAZ grande (Kg)
Almidón de yuca	0.85	1.21
Resina de pino	1.69	2.41
Cera de abeja	1.58	2.26

Además, se incluye un fósforo de aserrín en cada kit que permitirá el encendido de las briquetas de carbón. Finalmente, se planifica el envío de estos kits a los puntos de venta designados, para su comercialización.

Figura 31

Producto de la presentación plana y grande



Sondeo de Mercado

Para realizar el sondeo de mercado en este proyecto, se realizó una encuesta para determinar la receptividad y percepciones que podrían tener las briquetas de carbón en la comunidad Zamorana, la satisfacción de los clientes con los productos brindados actualmente, y las razones principales de las personas que no adquieren este tipo de productos, con el fin de satisfacer sus necesidades.

La encuesta ha evolucionado a ser un método completo de investigación social, este método implica seguir un proceso exhaustivo de investigación para recopilar datos. Las técnicas empleadas en el proceso de investigación mediante encuestas incluyen el diseño de muestras, la elaboración de

cuestionarios, escalas entre otros. Realizar encuestas, por lo tanto, requiere de un conocimiento especializado y habilidades para implementar un proceso de investigación coherente y efectivo. (López Roldán y Fachelli, 2015).

Cálculo de la Muestra

Se calculó la muestra utilizando una población de 1948 personas, que incluyen estudiantes, residentes y empleados. Con un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5% y con una proporción estimada de la población que tiene características de interés de 0.5 para maximizar la muestra.

$$n = \frac{1948 * 1.96^2 * 0.5 * (1-0.5)}{0.05^2 * (1948-1) + 1.96^2 * 0.5 * (1-0.5)} \qquad n \approx 321 \qquad [2]$$

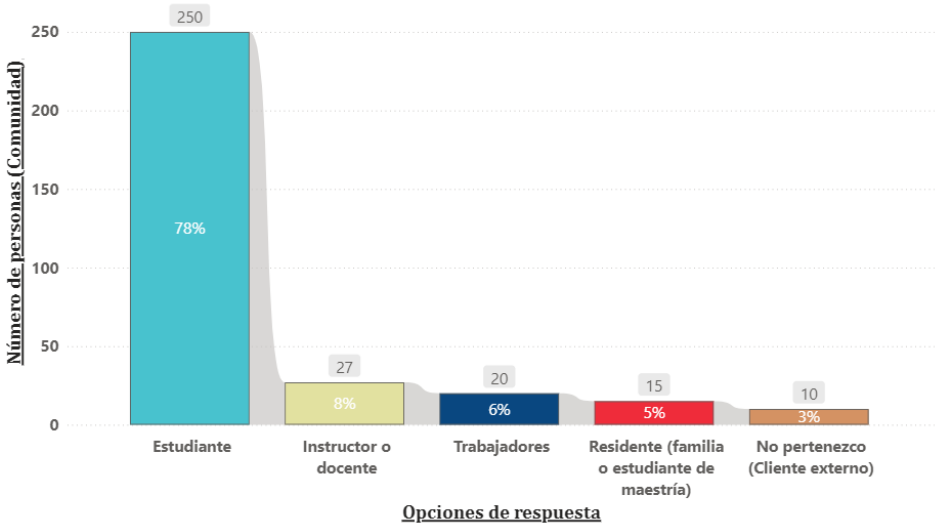
El cálculo de la muestra sugiere aplicar a 321 personas la encuesta realizada.

Análisis de Datos Recopilados de Encuesta

Se realizaron 322 encuestas. Las encuestas se dirigieron a estudiantes, instructores, trabajadores, residentes y personas externas a la comunidad. El porcentaje de cada grupo se exponen en la Figura 32, siendo los estudiantes el 78% de la muestra.

Figura 32

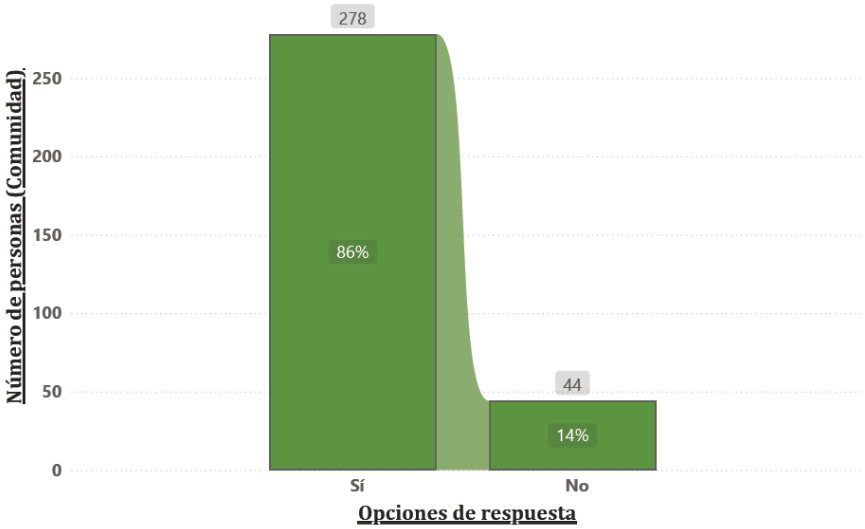
¿A qué parte de la comunidad pertenece?



El 86% de los encuestados han participado en asados o parrilladas (Figura 33), lo que sugiere una base alta de consumidores familiarizados con el uso de carbón lo que generará oportunidad de introducir nuevos productos diferenciados y mejorados como las briquetas de carbón.

Figura 33

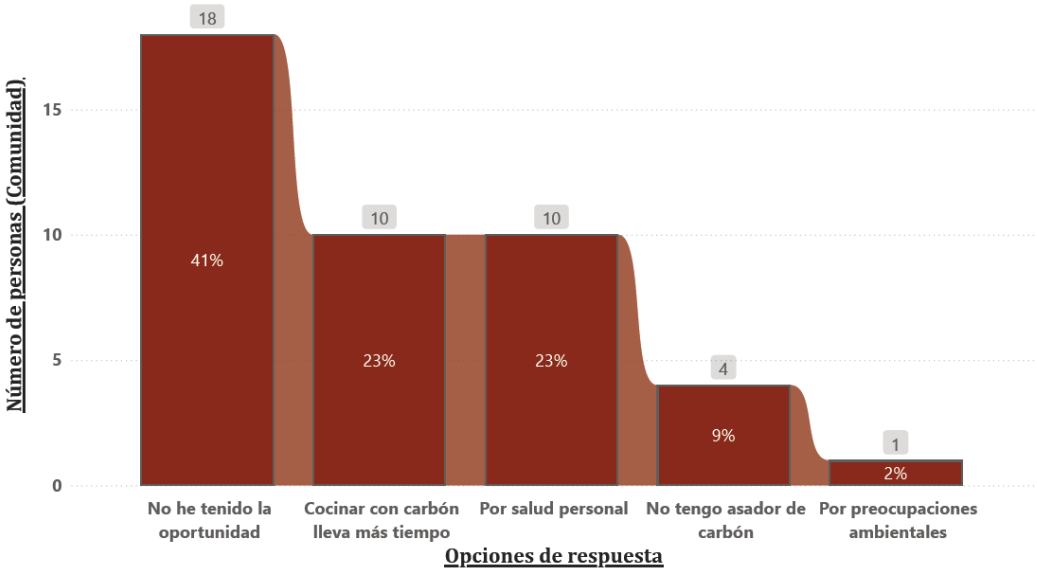
Participación en asado o parrillas



La Figura 34 muestra que del 14% de las personas que no han participado en asados o parrillas, el 41% se debe a faltas de oportunidad, por lo que se podría interpretar que razones como la salud personal, el tiempo de cocción, falta de asador o preocupaciones ambientales, no son significativas para el mercado objetivo.

Figura 34

¿Existe alguna razón por la que no ha participado en asados usando carbón?



A pesar de que exista un pequeño porcentaje de personas que no han participado en asados, la Figura 35 y 36 sugieren que la mayoría conoce sobre los aspectos en cuanto al olor y sabor que aporta cocinar con carbón, y también consideran que es una opción más saludable que otros métodos de cocción. Sin embargo, el 45% restante es una muestra representativa que podría reducirse con promoción que eduque el conocimiento de los consumidores sobre estas características.

Figura **35**

¿Tiene conocimiento de las características en cuanto al olor y sabor ahumado que ofrece el carbón/briqueta de carbón?

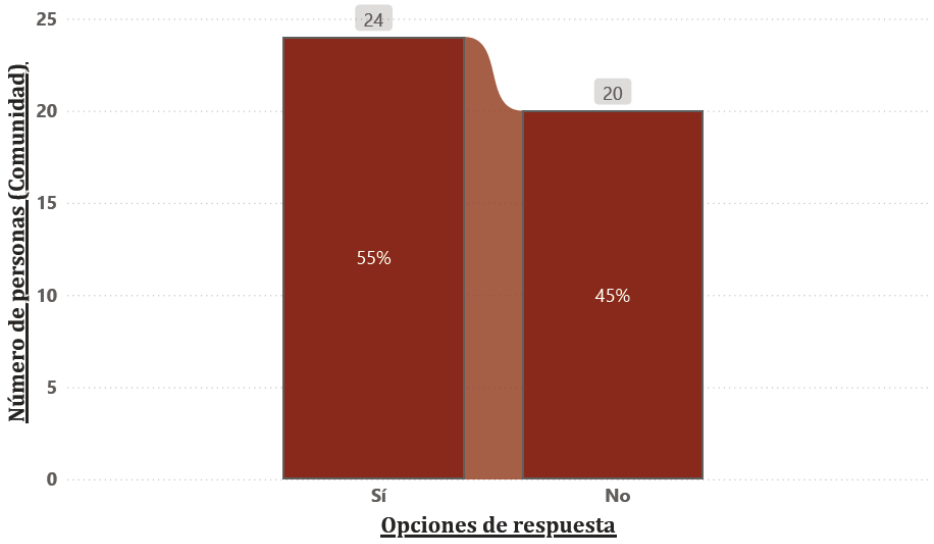
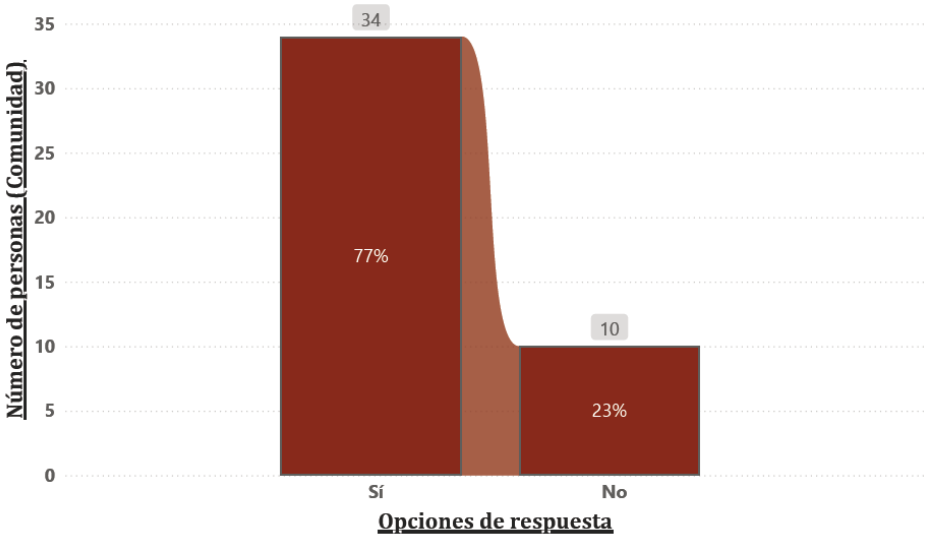


Figura 36

¿Considera que el carbón/briquetas es una opción más natural y menos procesada en comparación con otros tipos de combustibles para cocinar?



La encuesta fue respondida en su mayoría por estudiantes, los cuales tienen una disponibilidad constante de asadores de carbón distribuidas en todo el campus de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Sin embargo, en cuanto a los instructores, residentes y clientes externos el

67% posee un asador de carbón y el 60% de ellos lo utiliza. Los clientes que no lo utilizan son por razones como disgusto por ensuciarse las manos y por el proceso largo de limpieza. Aspectos que se podrían solventar con el Kit de Encendido Rápido BRICAZ, un tratamiento que minimice la generación de residuos.

Los aspectos más valorizados en un asado con carbón son el sabor y olor de las comidas (42%) y disfrutar con amigos y familiares (42%) que se puede observar en la Figura 37. Estos aspectos son característicos durante un asado o parrillada, que se pueden comunicar mediante promociones.

Figura 37

¿Cuáles son los aspectos que más resalta de un asado o parrillada con carbón?

El 86% compra carbón, mayormente en el Puesto de Ventas (78%) y en supermercados (15%). El 75% compra con una frecuencia de 1 vez al mes, y el otro 25% compra más de una vez al mes. Esto sugiere un mercado con movimiento constante y alta recompra, que significa una oportunidad crucial, dada la demanda de este tipo de productos.

Con respecto al carbón vegetal que ofrece el Puesto de Ventas de Zamorano, la mayoría de las personas lo califica como bueno y muy bueno. Esto quiere decir que un producto que ofrezca mejores resultados en cuanto a características como uniformidad del tamaño, facilidad de encendido,

duración de la llama, sostenibilidad ambiental, generación de residuos, y la presentación del empaque, podría satisfacer al 100% de las personas que utilizan carbón, e incluso atraer más clientes.

Innovar en estas características respondería a la importancia que las personas le dan, calificando como importante y muy importante a características como la facilidad de encendido (95%) y duración de la llama (94%), como se observa en la Figura 38 y 39.

Figura 38

Importancia de facilidad de encendido

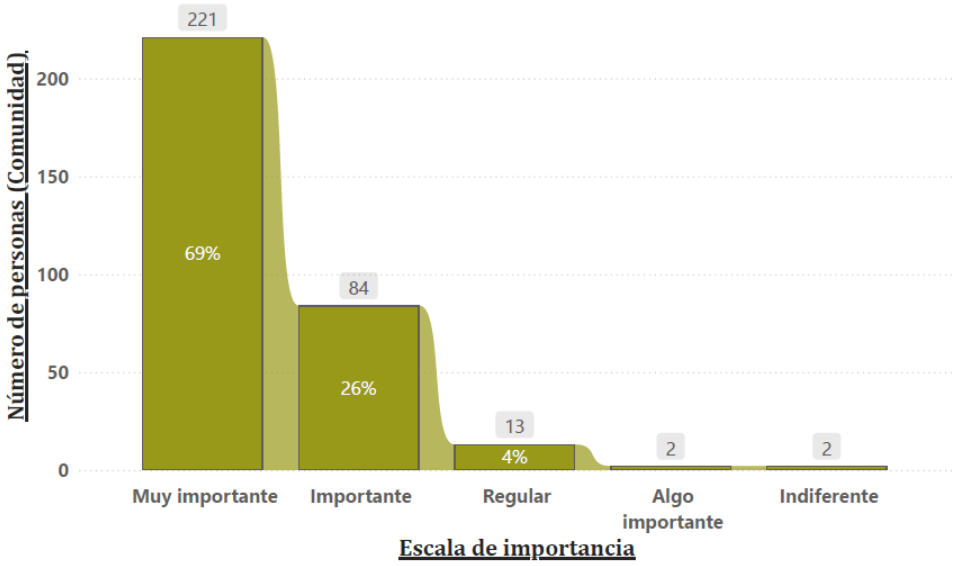
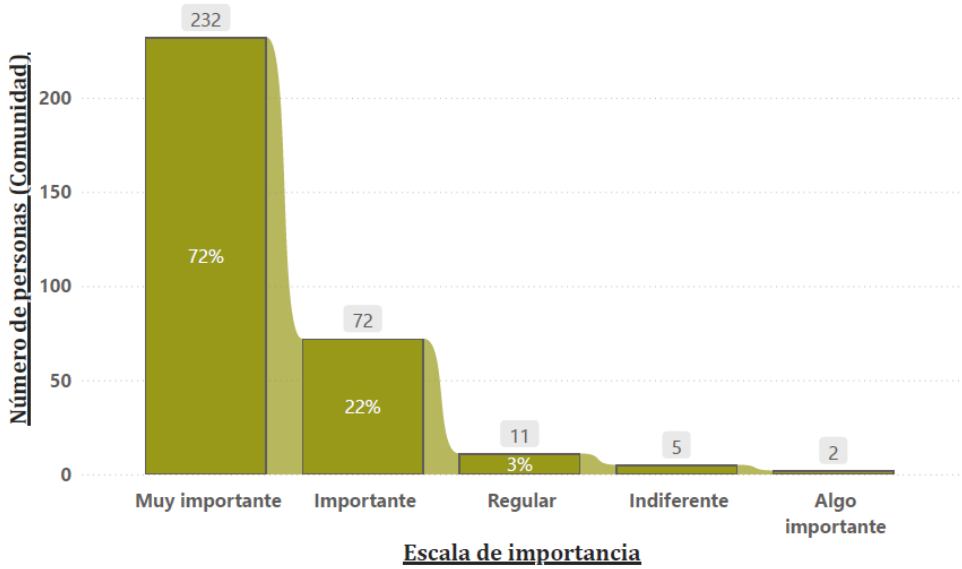


Figura 39

Importancia de duración de la llama



El 73% de las personas no han utilizado briquetas de carbón en vez de carbón convencional, pero el 42% está familiarizado con este concepto. Esta diferencia entre las personas que conocen sobre las briquetas y las que no la han utilizado se puede deber a la falta de un producto de briquetas de carbón en Zamorano, lo que sugiere una oportunidad de mercado.

Se buscó analizar la importancia del kit de encendido rápido que contiene el producto de briquetas de carbón BRICAZ, teniendo como resultado que el 83% de las personas encuestadas consideran importante un Kit de encendido rápido que permita no ensuciarse las manos en la compra (Figura 40). Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el precio es calificado por el 94% como un aspecto importante y muy importante (Figura 41), lo que sugiere que el valor del producto debe estar bien percibido por los clientes, generando confianza y satisfacción en cuanto a las características potenciadas ofrecida, para tener como resultado recompras.

Figura 40

¿Un kit de encendido rápido, sin ensuciarse las manos, sería un factor importante al considerar la compra de briquetas de carbón?

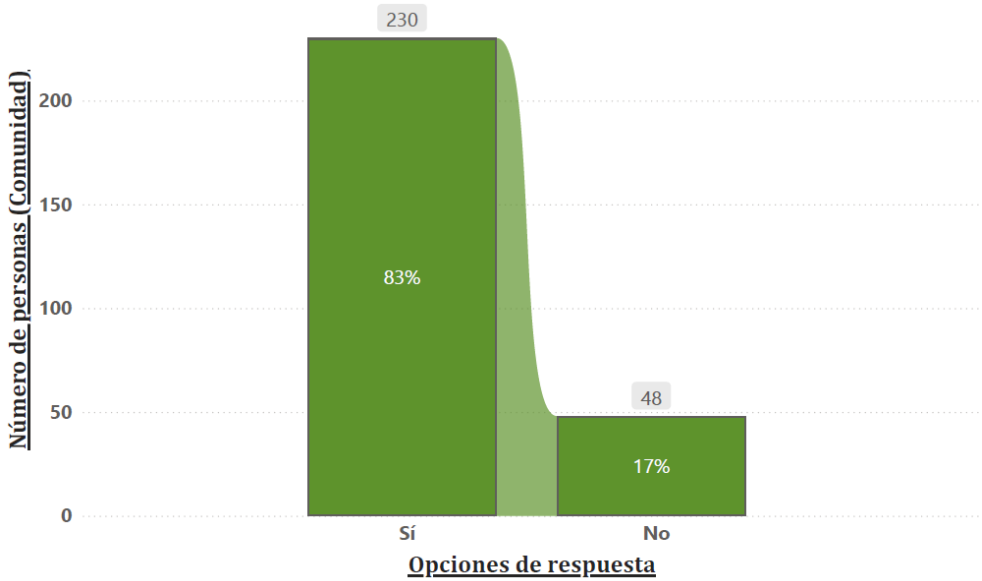
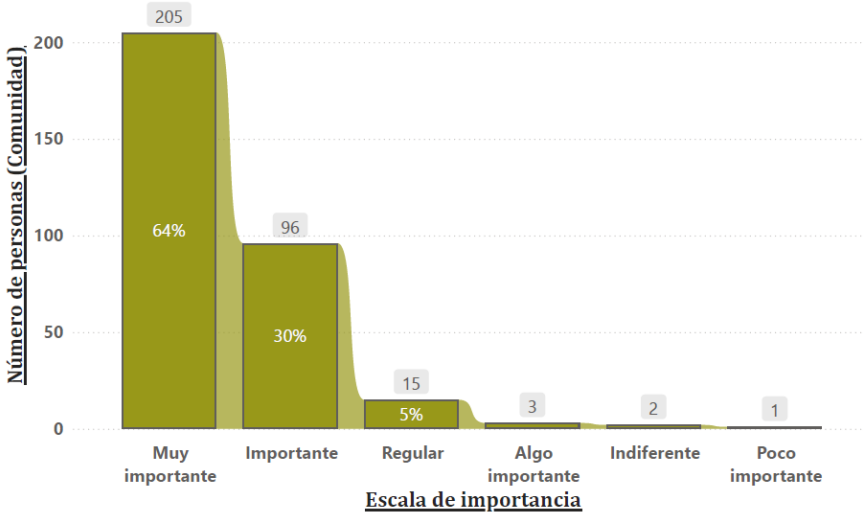


Figura 41

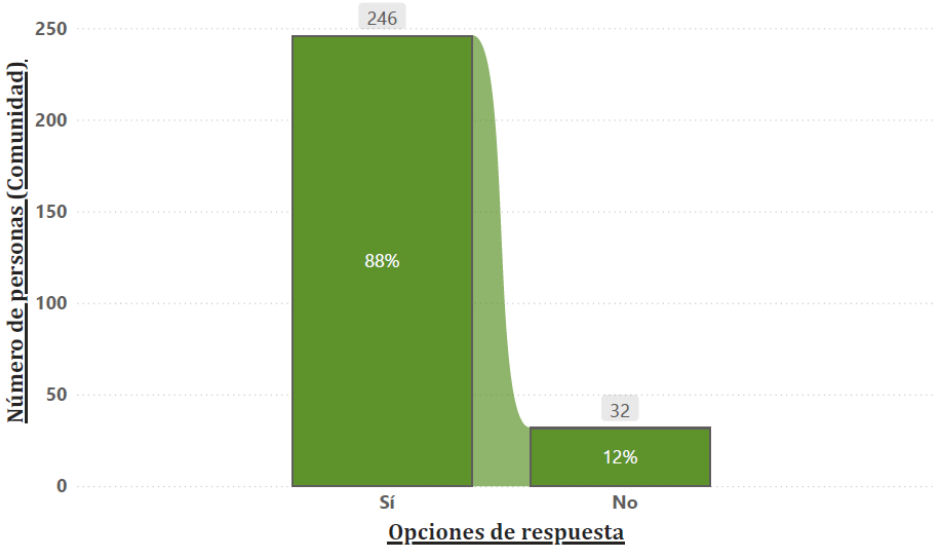
Importancia del precio



Se realizaron preguntas claves en la encuesta que permiten determinar directamente la potencial aceptación de los productos, obteniendo que el 88% de los encuestados estarían dispuesto a cambiar el carbón convencional por un kit de encendido rápido de briquetas de carbón (Figura 42).

Figura 42

¿Estaría dispuesto a cambiar o empezar a usar en lugar del carbón convencional, un kit de encendido rápido de briquetas de carbón Zamorano?



El canal de distribución común del carbón convencional es el Puesto de Ventas de Zamorano, que ofrece un horario, normalmente, de 7:00 am – 17:00 pm, a lo cual el 32% de los encuestados concuerda que este horario no permite una fácil adquisición de sus productos (Figura 43). Tomando en cuenta a los estudiantes encuestados, el 84% está interesado en adquirir el Kit de encendido rápido BRICAZ en las tiendas de la JAMZ (Figura 44). Estas tiendas tienen un horario de lunes a viernes normal de 16:00 pm – 19:00 y 21:00 – 22:00 pm, y se encuentran más cerca de las zonas residenciales.

Figura 43

¿Cree que el horario del Puesto de Ventas permite una fácil adquisición de sus productos?

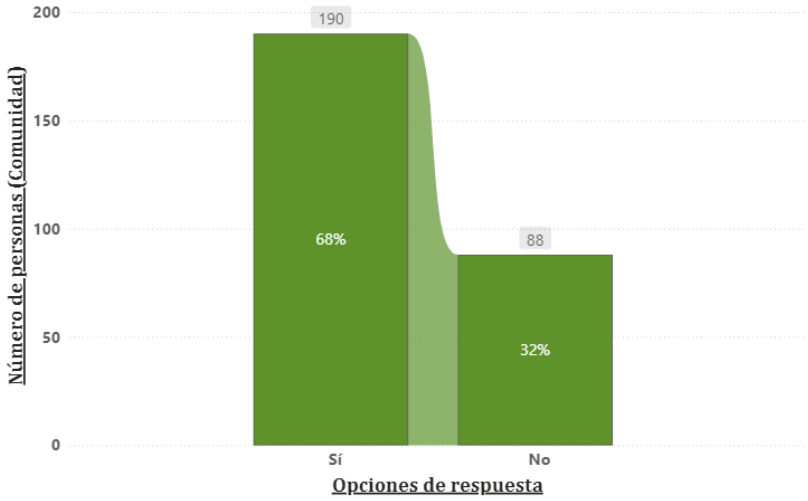
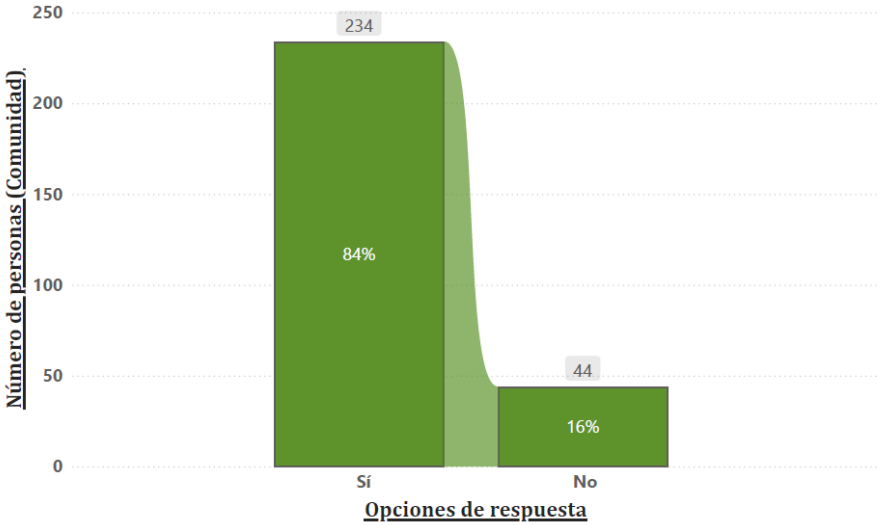


Figura 44

¿Estaría interesado en adquirir el kit de encendido rápido de briquetas de carbón en las tiendas de la JAMZ con sus horarios?

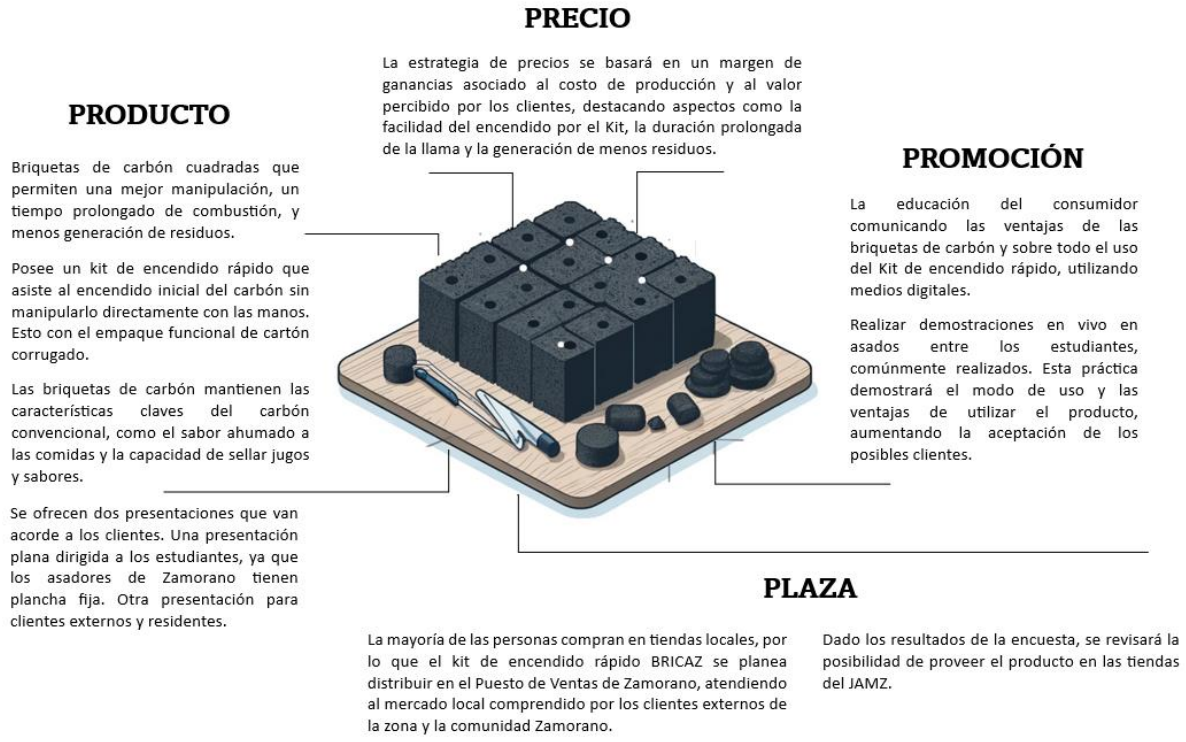


Mezcla de Marketing

La mezcla de marketing tradicionalmente consta de cuatro P´s (precio, producto, plaza y promoción), pero cada empresa genera su propia mezcla dependiendo de sus actividades y preferencias, por lo que una mezcla de marketing no se limita a tener cuatro P´s, si no que puede consistir en otros factores que generen influencia. (Monteiro et al., 2015).

Figura 45

Mezcla de marketing



Benchmarking

Se seleccionaron dos productos que son vendidos en el Puesto de Ventas Zamorano, Carbón Venado y Carbón del Valle. Estos productos son los que satisfacen a toda la comunidad Zamorano en cuanto a asados y parrilladas, por lo que se busca comparar las características y el rendimiento de estos productos frente a los tres tratamientos de briquetas de carbón, permitiendo identificar las fortalezas y debilidades que tendrá en el mercado este producto frente a su competencia. Se tomarán en cuenta características como el tiempo de combustión, la facilidad de encendido, la cantidad de

cenizas resultantes y la emisión de humo, aspectos que el Kit de encendido rápido BRICAZ busca potenciar.

Cuadro 15

Desempeño promedio de briquetas y carbón convencional

Características	Carbón Venado	Carbón del Valle	Resina de pino	Cera de abeja	Almidón de yuca
Tiempo de combustión (min)	108	117	159	59	176
Cantidad de residuos (g)	6.1	5.4	7.3	6.9	1.9
Facilidad de encendido (Rango)	3 (Moderado)	4 (Difícil)	1 (Muy fácil)	2 (Fácil)	2 (Fácil)

El benchmarking experimental realizado demuestra que las briquetas de carbón del tratamiento con almidón de yuca ofrecen ventajas en cuanto al tiempo de combustión y la baja generación de residuos. Los carbones convencionales del Puesto de Ventas ofrecen mayor tiempo de combustión que las briquetas de cera de abeja y menor generación de residuos que las de resina y cera, sin embargo, están por debajo de lo que ofrecen las briquetas de almidón de yuca. Además, el precio es un aspecto crucial en la decisión de compra. Los precios de las briquetas de carbón deberán ser competitivos para ser una alternativa viable en el mercado local en Zamorano.

Estudio de Viabilidad Económica

Capacidad de Producción

Para determinar la capacidad de producción que tendrá la Unidad de forestales durante un año, se tomaron muestras mensuales de los residuos maderables generados en el aserradero y la carpintería, teniendo como resultado un promedio mensual de 515 Kg (Cuadro 16).

Cuadro 16

Muestreo mensual de residuos maderables

Muestreo mensual	Residuos maderables (Kg)
Mes 1	550.06
Mes 2	390.07
Mes 3	618.34
Mes 4	501.89
Promedio:	515.09

La materia prima principal dará el paso al cálculo de la producción anual, teniendo un total de 6,180 Kg de residuos maderables al año. Tras el proceso de carbonización que tuvo un rendimiento de 25.1%, se obtuvo 1,549 Kg de carbón disponible para la manufactura de briquetas. Se destinará el 65% del carbón para la presentación plana, y el 35% para la presentación grande. Es importante destacar que los residuos maderables constituyen la limitación en la producción. Cada tratamiento utiliza una cantidad diferente de carbón en la fabricación de briquetas, por lo que la capacidad productiva de cada tratamiento será diferente, como se observa en el Cuadro 17.

Cuadro 17

Capacidad productiva por tratamiento por año

Aglutinante	Número de briquetas presentación grande	Número de briquetas presentación plana	Número de Kits BRICAZ presentación grande	Número de Kits BRICAZ presentación plana
Resina de pino	32,419	60,207	3,242	8,601
Cera de abeja	21,682	40,267	2,168	5,752
Almidón de yuca	10,841	20,133	1,084	2,876

Análisis de Costos

Los costos variables son los que cambian en proporción directa con los volúmenes de producción (Pacheco Bautista, 2019). En este estudio, los costos de producción serán los incurridos en la trituración de los residuos maderables para convertirlos en mulch, la adquisición de los

aglutinantes que diferirá en cada tratamiento, los costos del empaque y la mano de obra directa. Estos costos se especifican en el Cuadro 18 y 19.

Cuadro 18

Costos variables presentación grande

Costos variables unitarios	Resina de pino	Cera de abeja	Almidón de yuca
Costo del aglutinante por kit	L5.29	L58.68	L18.78
Costo unitario del empaque	L5.65	L5.65	L5.65
Costo de triturado por kit	L0.08	L0.13	L0.25
Costo de mano de obra directa	L32.16	L32.16	L32.16
Costo variable total unitario	L43.19	L96.62	L56.84

Cuadro 19

Costos variables presentación plana

Costos variables	Resina de pino	Cera de abeja	Almidón de yuca
Costo del aglutinante por kit	L3.70	L47.38	L13.14
Costo unitario del empaque	L5.01	L5.01	L5.01
Costo de triturado por kit	L0.06	L0.09	L0.18
Costo de mano de obra directa	L22.51	L22.51	L22.51
Costo variable total unitario	L31.29	L74.99	L40.84

La asignación de los costos de mano de obra directa se realizó mediante un prorrateo utilizando el tiempo en el que los operarios se dedican a la producción de briquetas de carbón (Cuadro 20). Se estimó que se necesitan 2 operarios que ocuparan el 60 % de su tiempo solo a la producción de briquetas de carbón, con un total de 40 horas semanales. El salario mensual de cada operario será L12,350, y por el diseño de la prensa, los dos operarios podrán lograr fabricar 24 briquetas por hora.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta la eficiencia operativa de los operarios contratados y su impacto en el costo unitario como se observa en el Cuadro 21.

Cuadro 20

Costo de mano de obra directa

Concepto	Valor
Salario mensual por operario	L12,350.00
Salario mensual total para dos operarios	L24,700.00
Horas trabajadas mensuales por operario	160
Horas dedicadas a briquetas por operario 60%	96
Horas dedicadas a briquetas por dos operarios	192
Producción total por hora (dos operarios)	24
Producción mensual de briquetas por dos operarios	4,608
Producción anual de briquetas por dos operarios	55,296
Costo mensual dedicado a briquetas (dos operarios)	L14,820.00
Costo anual dedicado a briquetas (dos operarios)	L177,840.00
Costo de mano de obra directa unitaria por briqueta	L3.22
Costo de mano de obra directa Kit presentación plana	L22.51
Costo de mano de obra directa Kit presentación grande	L32.16

Cuadro 21

Eficiencia operativa

Concepto	Valor
Producción anual de briquetas	55296
Porcentaje de briquetas para kit de presentación plana	65%
Porcentaje de briquetas para kit de presentación grande	35%
Briquetas destinadas a kit de presentación plana	35942
Briquetas destinadas a kit de presentación grande	19354
Número de briquetas por kit de presentación plana	7
Número de briquetas por kit de presentación grande	10
Número de kits de presentación plana	5135
Número de kits de presentación grande	1935

La eficiencia operativa analizada comprende la capacidad de producción y distribución de los kits de briquetas de carbón según el tiempo invertido por los operarios. Sin embargo, al considerar la capacidad productiva de cada tratamiento especificada en el Cuadro 17, se observa que la capacidad productiva del tratamiento con almidón de yuca es menor que la eficiencia operativa de los dos operarios. Esto indica que será necesario disponer de más madera para poder alcanzar la eficiencia operativa y optimizar el uso de los costos de mano de oba directa lo que se muestra en el Cuadro 22.

Cuadro 22

Requerimiento de madera para alcanzar la eficiencia operativa

Descripción	Kit presentación plana	Kit presentación grande
Eficiencia operativa	5135	1935
Capacidad de produccion	2876	1084
Producción no cubierta	2258	851
Requerimiento de carbón por kit (Kg)	0.35	0.5
Requerimiento de carbón total (Kg)	790.45	425.63
Requerimiento de madera (Kg)	3154.76	1698.72

Fijación de precios

El mercado local actual ofrece únicamente carbón convencional. El kit de encendido rápido BRICAZ ofrecerá características potenciadas y diferenciadoras que lo distinguirán de sus competidores. Para establecer una base del precio se analizaron los precios de los productos de carbón convencional en el mercado local. Sin embargo, dado las características del producto y sus principios de sostenibilidad, los precios se fijarán basados en el valor percibido por los clientes. Esta estrategia permite justificar un precio superior al del carbón vegetal convencional, reflejando el valor agregado al kit de encendido rápido BRICAZ.

Tras un análisis de los precios del carbón convencional, se definió que el precio base para la presentación plana será L90.00 y para la presentación grande L100.00. Para determinar el precio final, se incrementará el 20% por el valor percibido del cliente.

Cuadro 23

Fijación de precios presentación plana

Descripción	Resina de pino	Cera de abeja	Almidón de yuca
Costo variable unitario	L31.29	L74.99	L40.84
Costo total unitario	L31.29	L74.99	L40.84
Precio base por competencia	L90.00	L90.00	L90.00
Precio con valor percibido	L108.00	L108.00	L108.00
Margen total	71%	31%	62%

Cuadro 24

Fijación de precios presentación grande

Descripción	Resina de pino	Cera de abeja	Almidón de yuca
Costos variable unitario	L43.19	L96.62	L56.84
Costo total unitario	L43.19	L96.62	L56.84
Precio base por competencia	L100.00	L100.00	L100.00
Precio con valor percibido	L120.00	L120.00	L120.00
Margen total	64%	19%	53%

El precio de venta al público final sería de L108.00 para la presentación plana y L120.00 para la grande. En los Cuadros 23 y 24 se puede observar también el margen sobre costos resultantes de la fijación de precios mediante la competencia y el valor percibido. Los márgenes son altos, sobre todo por los bajos costos de fabricar el producto, ya que se utilizan residuos maderables generados en la Unidad de forestales.

Flujo de Efectivo

El flujo de efectivo brinda información sobre la variación producida en el efectivo durante un periodo determinado de tiempo, que está afectado por actividades operativas, inversiones, financiación, costos y demás. (Rondi et al., 2017, p. 104). El flujo de efectivo dará cabida a la interpretación financiera de cada tratamiento a utilizar, para determinar cuál tiene un mejor flujo de efectivo en un horizonte de evaluación de 5 años.

No hay registros de ventas de briquetas de carbón en el mercado local en Zamorano, por lo que se asumirá que en el primer año se venderán las mismas unidades del Carbón Venado del Puesto de Ventas Zamorano en el 2023, que fueron de 570 unidades. Estas ventas se dividirán el 65% de la presentación plana y el 35% de la presentación grande. Los Ingresos por ventas por cada tratamiento se detallan en el Cuadro 25.

Cuadro 25

Ingresos por ventas año 1 por tratamiento

Descripción	Resina de pino	Cera de abeja	Almidón de yuca
Cantidad Presentación grande	200	200	200
Precio presentación grande	L120.00	L120.00	L120.00
Cantidad Presentación plana	371	371	371
Precio presentación plana	L108.00	L108.00	L108.00
Ingresos por ventas	L63,954.00	L63,954.00	L63,954.00

Los costos fijos de publicidad y marketing fueron determinados con un presupuesto del 1% de los ingresos por ventas, y los gastos de mantenimiento de L1,700.00 Además, los costos variables se indican en el Cuadro 26.

Cuadro 26

Costos variables año 1 por tratamiento

Descripción	Resina de pino	Cera de abeja	Almidón de yuca
Cantidad Presentación grande	200	200	200
Costo variable unitario presentación grande	L43.19	L96.62	L56.84
Cantidad Presentación plana	371	371	371
Costo variable unitario presentación plana	L31.29	L74.99	L40.84
Costos variables totales	L20,207.11	L47,057.89	L26,471.55

Se realizó la depreciación de la prensa manual adquirida. El método de línea recta es uno de los más utilizados en el área económica, tiene una depreciación constante en el transcurso de su vida útil. (Perez et al., 2015). Se utilizará una vida útil de 5 años, según el Catálogo de Bienes y su Vida Útil (2010), y el valor residual será igual al 1% del valor, obteniendo una depreciación anual de L990, como se observa en el Cuadro 27.

Cuadro 27

Depreciación línea recta

Descripción	Valor
Costo inicial	L5,000.00
Años de vida útil	5 años
Valor de rescate	L50.00
Depreciación	L990.00

Con estos datos, se construyeron los flujos de efectivo utilizando una inflación de 4.5%, que es la inflación interanual en Honduras durante febrero 2023 – febrero 2024 según el Banco Mundial (2024).

Cuadro 28

Flujo de efectivo briquetas de almidón de yuca

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+)Ingresos por ventas		L63,954	L66,832	L69,839	L72,982	L76,266
(-)Egresos deducibles de impuestos						
Costos fijos		L2,140	L2,236	L2,336	L2,442	L2,551
Costos variables		L26,472	L27,663	L28,908	L30,208	L31,568
(-)Gastos no desembolsables						
Depreciacion		L990	L990	L990	L990	L990
(=)Utilidad antes de impuestos		L34,353	L35,943	L37,605	L39,342	L41,157
(-)ISR (20)%		L6,871	L7,189	L7,521	L7,868	L8,231
(=)Utilidad neta		L27,482	L28,755	L30,084	L31,474	L32,926
(+)Gastos no desembolsables						
Depreciación		L990	L990	L990	L990	L990
(+)Ingresos no deducibles de impuestos						
Valor de rescate de los activos						L50
(-) Egresos no deducibles de impuestos						
Inversiones en Activos fijos	L5,000					
(=) Flujo de efectivo	-L5,000	L28,472	L29,745	L31,074	L32,464	L33,966
Flujo de efectivo acumulado	-L5,000	L23,472	L53,217	L84,291	L116,755	L150,721

Cuadro 29

Flujo de efectivo briquetas de resina de pino

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+)Ingresos por ventas		L63,954	L66,832	L69,839	L72,982	L76,266
(-)Egresos deducibles de impuestos						
Costos fijos		L2,140	L2,236	L2,336	L2,442	L2,551
Costos variables		L20,207	L21,116	L22,067	L23,060	L24,097
(-)Gastos no desembolsables						
Depreciación		L990	L990	L990	L990	L990
(=)Utilidad antes de impuestos		L40,617	L42,490	L44,446	L46,491	L48,628
(-)ISR (20)%		L8,123	L8,498	L8,889	L9,298	L9,726
(=)Utilidad neta		L32,494	L33,992	L35,557	L37,193	L38,902
(+)Gastos no desembolsables						
Depreciacion		L990	L990	L990	L990	L990
(+)Ingresos no deducibles de impuestos						
Valor de rescate de los activos						L50
(-) Egresos no deducibles de impuestos						
Inversiones en Activos fijos	L5,000					
(=) Flujo de efectivo	-L5,000	L33,484	L34,982	L36,547	L38,183	L39,942
Flujo de efectivo acumulado	-L5,000	L28,484	L63,466	L100,013	L138,195	L178,137

Cuadro 30

Flujo de efectivo briquetas de cera de abeja

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+)Ingresos por ventas		L63,954	L66,832	L69,839	L72,982	L76,266
(-)Egresos deducibles de impuestos						
Costos fijos		L2,140	L2,236	L2,336	L2,442	L2,551
Costos variables		L47,058	L49,175	L51,388	L53,701	L56,117
(-)Gastos no desembolsables						
Depreciacion		L990	L990	L990	L990	L990
(=)Utilidad antes de impuestos		L13,767	L14,431	L15,125	L15,850	L16,607
(-)ISR (20)%		L2,753	L2,886	L3,025	L3,170	L3,321
(=)Utilidad neta		L11,013	L11,544	L12,100	L12,680	L13,286
(+)Gastos no desembolsables						
Depreciacion		L990	L990	L990	L990	L990
(+)Ingresos no deducibles de impuestos						
Valor de rescate de los activos						L50
(-) Egresos no deducibles de impuestos						
Inversiones en Activos fijos	L5,000					
(=) Flujo de efectivo	-L5,000	L12,003	L12,534	L13,090	L13,670	L14,326
Flujo de efectivo acumulado	-L5,000	L7,003	L19,538	L32,627	L46,297	L60,623

Punto de Equilibrio

Para evaluar de manera integral la viabilidad económica del proyecto, es esencial determinar el punto de equilibrio. El punto de equilibrio puede planificar, controlar las utilidades y dar soporte a otras decisiones estratégicas. (Fernández Bedoya, 2018). Este indicador financiero permitirá identificar el nivel de ventas necesario para cubrir todos los costos fijos y variables, asegurando que la operación no incurra en pérdidas. A continuación, se presenta el cálculo detallado del punto de equilibrio, teniendo en cuenta los dos tipos de kits de presentación.

Cuadro 31

Punto de equilibrio

Presentación	Descripción	Margen de contribución unitaria (L)	Punto de equilibrio(Unidades)	Punto de equilibrio (L)
Plana	Resina de Pino	76.71	14	1,506.05
Plana	Cera de Abeja	33.01	32	3,499.70
Plana	Almidón de Yuca	67.16	16	1,720.36
Grande	Resina de Pino	76.81	14	1,671.23
Grande	Cera de Abeja	23.38	46	23,852.40
Grande	Almidón de Yuca	63.16	17	28,034.40

La resina de pino muestra un alto margen de contribución unitaria tanto en la presentación plana (L76.71) como en la grande (L76.81). En la presentación plana, se requiere vender 14 unidades para alcanzar el punto de equilibrio, lo que representa un total de L1,506.05. De manera similar, en la presentación grande, el punto de equilibrio se alcanza también con 14 unidades, aunque con un monto ligeramente mayor de L1,671.23. Este tratamiento destaca por su alta eficiencia, ya que la cantidad de unidades necesarias para cubrir los costos fijos es baja, reflejando su capacidad para generar ganancias con relativamente pocas ventas.

El tratamiento con cera de abeja, por otro lado, enfrenta mayores desafíos en términos de rentabilidad. En la presentación plana, el margen de contribución unitaria es de L33.01, requiriendo la venta de 32 unidades para alcanzar el punto de equilibrio, lo que equivale a L3,499.70. La situación es aún más crítica en la presentación grande, donde el margen de contribución se reduce a L23.38, y

se necesitan vender 46 unidades para cubrir los costos fijos, resultando en un punto de equilibrio de L23,852.40. Estos datos indican que la cera de abeja es menos eficiente y requiere un volumen de ventas significativamente mayor para ser rentable.

El tratamiento con almidón de yuca presenta un margen de contribución unitaria intermedio. En la presentación plana, el margen es de L67.16, con un punto de equilibrio alcanzado al vender 16 unidades, lo que suma L1,720.36. En la presentación grande, el margen de contribución es de L63.16, y se necesita vender 17 unidades para cubrir los costos fijos, alcanzando un punto de equilibrio de L28,034.40. Aunque el almidón de yuca requiere vender más unidades que la resina de pino, su posición intermedia lo hace una opción viable, aunque menos eficiente en la presentación grande debido a los costos más altos y el mayor número de unidades necesarias para alcanzar el equilibrio.

Indicadores Financieros

Los indicadores financieros son medidas que analizan el estado financiero de una empresa desde varias perspectivas como la liquidez, solvencia, rentabilidad y eficiencia operativa. Entre algunos indicadores que más resaltan son el VAN, TIR y PRI.

Para calcular los indicadores financieros necesitamos el costo del capital. El costo de capital (Ke) es el costo que incurre una empresa para financiar sus proyectos a través de los recursos propios. (Vázquez Burguillo, 2016). La fórmula es la siguiente:

$$K_e = R_f + \beta\left(R_m - R_f\right) + R_p \qquad [3]$$

Donde:

R_f= Tasa libre de riesgo

β= Beta de la industria

R_m= Rendimiento esperado del mercado

R_p= Riesgo país

La tasa libre de riesgo de Honduras es de 2.14%, el beta la industria de carbones y energías es 1.27, el rendimiento del mercado es de 7.60%. Teniendo como resultado:

$$K_e = 2.14\% + 1.27(7.6\% - 2.14\%) \quad [4]$$

El costo de la deuda es de 9.07%, el cual se utilizará para calcular los indicadores financieros: VAN, TIR y PRI, para cada tratamiento.

Cuadro 32

Indicadores financieros por tratamiento

Indicador financiero	Almidón de yuca	Resina de pino	Cera de abeja
VAN	L115,000.61	136,128.39	45,569.97
TIR	5.74	6.74	2.44
PRI	0.18	0.15	0.42

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador clave para evaluar la viabilidad de un proyecto. En este análisis, la resina de pino presenta el VAN más alto con L136,128.39, seguida por el almidón de yuca con L115,000.61, y finalmente la cera de abeja con L45,569.97. Un VAN positivo sugiere que el proyecto es rentable y generará más valor del que se invierte. Sin embargo, aunque los valores son positivos para los tres tratamientos, la resina de pino y el almidón de yuca destacan significativamente en términos de rentabilidad esperada, mientras que la cera de abeja, aunque rentable, ofrece un retorno mucho menor en comparación.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) en este estudio de viabilidad económica muestra valores inferiores al WACC del 9.07% para todos los tratamientos, con resina de pino en 6.74%, almidón de yuca en 5.74% y cera de abeja en 2.44%. Esto ocurre a pesar de los buenos márgenes de ganancias y una inversión relativamente baja, principalmente debido a un volumen de ventas conservador y bajo, así como a la distribución de los flujos de efectivo a lo largo del tiempo. Las proyecciones de ventas modestas y la concentración de ingresos en los últimos años afectan negativamente la TIR.

El Período de Recuperación de la Inversión (PRI) es otro indicador financiero importante que muestra cuán rápidamente se recupera el capital invertido. La resina de pino tiene el PRI más corto

con 0.15 años, seguido de cerca por el almidón de yuca con 0.18 años. La cera de abeja, sin embargo, tiene un PRI considerablemente más largo de 0.42 años. Un PRI corto es generalmente preferible ya que reduce el riesgo financiero al recuperar la inversión inicial rápidamente. A pesar de que el almidón de yuca tiene un PRI ligeramente más largo que la resina de pino, sigue siendo muy competitivo, mientras que la cera de abeja representa una opción menos atractiva debido a su prolongado período de recuperación.

Cuadro Comparativo

Cuadro 33

Cuadro comparativo de los tratamientos

Aspecto	Briquetas de almidón de yuca	Briqueta de cera de abeja	Briqueta de resina de pino
Forma	Rectangular	Rectangular	Rectangular
Facilidad de encendido	Media	Alta	Alta
Tiempo de combustión	Duración larga	Duración corta	Duración media
Densidad aparente	Baja	Media	Media
Emisión de humo	Baja	Alta	Alta
Residuos generados	Mínimos	Significativos	Significativos
Ventajas	Fácil de producir, duradero, baja emisión de humo.	Inflamable, resistente, fácil desmoldado.	Inflamable
Desventajas	Tiempo de gelatinización del almidón	Genera llama, solidificación de la cera en implementos, difícil limpieza	Gran emisión de humo, contaminación del olor de los alimentos, genera llama
VAN	$123,134.61	$146,419.34	%55,860.92
TIR	%6.14	%7.24	%2.94
PRI	0.16 años	0.14 años	0.34 años

Conclusiones

En el estudio técnico, las briquetas fabricadas con almidón de yuca destacaron significativamente. La preparación del aglutinante fue sencilla y no hubo complicaciones durante la mezcla y prensado. Estas briquetas mostraron un tiempo de combustión de 175 minutos, una facilidad de encendido notable, generando una baja cantidad de humo y una mínima cantidad de residuos, facilitando la limpieza posterior al uso. En contraste, las briquetas con cera de abeja y resina de pino enfrentaron varios desafíos e imperfecciones. A pesar de que el tratamiento de resina tuvo una combustión duradera (159 minutos), y que junto a las de cera de abeja tenían una facilidad de encendido muy alta, generaron una cantidad de humo y residuos muy alta, destacando que de su combustión resultaba una llama que podría quemar los alimentos. Por otro lado, en la fabricación de briquetas con cera de abeja, la cera tendía a solidificarse rápidamente, complicando la limpieza de los implementos y requería mantenerse caliente durante todo el proceso y un proceso de eliminación de impurezas. El análisis estadístico confirmó que las briquetas de almidón de yuca fueron superiores en varios aspectos clave. Estas briquetas tenían una densidad significativamente menor (0.463 g/cm³ menos que las de cera de abeja y 0.523 g/cm³ menos que las de resina de pino), lo que facilita su almacenamiento y transporte. Además, generaron menos residuos (5 g menos que las de cera de abeja y 5.4 g menos que las de resina de pino), lo cual es ventajoso para la limpieza.

La encuesta mostró que las principales barreras para aquellos que no utilizan carbón incluyen el disgusto por ensuciarse las manos y el proceso largo de limpieza, problemas que el Kit de Encendido Rápido BRICAZ aborda, además muestra un mercado constante y una oportunidad para las briquetas de carbón. El benchmarking comparativo con los productos existentes en el mercado, como el Carbón Venado y el Carbón del Valle, mostró que las briquetas de almidón de yuca ofrecen ventajas claras en tiempo de combustión, baja generación de residuos y facilidad de encendido. La estrategia de mezcla de marketing se centró en los cuatro pilares: producto, precio, plaza y promoción. El producto, el Kit de Encendido Rápido BRICAZ, se distingue por su facilidad de uso y características mejoradas que

abordan directamente las necesidades de los consumidores. El precio se fijó teniendo en cuenta el valor percibido, asegurando que el producto sea competitivo y atractivo en el mercado local. En la distribución, la encuesta mostró que las tiendas de la JAMZ tienen horarios convenientes para los estudiantes y residentes. La estrategia de promoción deberá destacar características como el sabor y el olor que aporta el carbón a las comidas, la experiencia social que conlleva, y la sostenibilidad.

El estudio de viabilidad económica para la producción de briquetas de carbón a partir de residuos maderables demuestra que el proyecto es viable y rentable, especialmente utilizando resina de pino o almidón de yuca. Con una capacidad de producción anual de 1549 kg de carbón, los márgenes de contribución son más altos para la resina de pino y el almidón de yuca, reflejando su eficiencia y menores costos variables. El análisis financiero muestra un Valor Actual Neto (VAN) positivo para estos tratamientos, aunque la Tasa Interna de Retorno (TIR) es inferior al WACC del 9.07% debido a un volumen de ventas conservador y una distribución desfavorable de los flujos de efectivo. El punto de equilibrio es alcanzado más fácilmente con la resina de pino, que necesita vender menos unidades para cubrir los costos fijos. Para mejorar la TIR y la rentabilidad global, se recomienda aumentar el volumen de ventas y optimizar los ingresos tempranos. La cera de abeja, aunque viable, presenta mayores desafíos debido a sus altos costos variables y menor margen de contribución, requiriendo ajustes en costos y precios para mejorar su viabilidad económica.

Recomendaciones

Realizar un estudio de escalabilidad del proyecto para determinar la capacidad de crecimiento y expansión del proceso de fabricación de briquetas, incluyendo la evaluación de recursos, tecnología y mercados potenciales..

Mediante un estudio de mercado, explorar nuevas oportunidades de mercado fuera la comunidad Zamorano y adaptar la estrategia de mercado.

Realizar un estudio de impacto ambiental que certifique la sostenibilidad de las briquetas de carbón frente al carbón convencional.

Referencias

Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el Cálculo de la Muestra en Investigaciones de Salud. *Salud En Tabasco*, *11*(1).

Ataucusi, P. (2023). *Rendimiento y Contenido Energético de Briquetas y Carbón Vegetal Obtenido a Partir de la Mazorca de Theobroma cacao L. (Cacao).* Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

Babich, N. (2017). *Prototyping 101: The Difference Between Low-Fidelity and High-Fidelity Prototypes and When to Use Each*. https://blog.adobe.com/en/publish/2017/11/29/prototyping-difference-low-fidelity-high-fidelity-prototypes-use#

Banco Mundial. (2024). *Honduras: Panorama General*. https://www.bancomundial.org/es/country/honduras/overview#2

BBQ Flavour. (2023). *BBQ Flavour Briquettes Coconut Cylinder*. https://www.bbqflavour.com/es/bbq-flavour-briquettes-coconut-cylinder-10kg-1

Behance. (2024). *Eco Fuel Africa - Winning Briquette Packaging.* Behance. https://www.behance.net/gallery/9864697/Eco-Fuel-Africa-Winning-Briquette-Packaging

Bobbitt, Z. (2024, 19 de enero). The Complete Guide: How to Interpret Q-Q Plots. *Statology*. https://www.statology.org/qq-plot-interpretation/

Coronado, J. (2007). Escalas de Medición. *Sistema Institucional De Investigación De Unitec*, *2*(2), 104–125.

Dagnino, J. (2014). Análisis de Varianza: Bioestadística y epidemiología. *Rev. Chil. Anest*(43), 306–310.

Ecobrasa. (s.f.). *Limpieza y espacio*. https://ecobrasa.com/limpieza-y-espacio/

EldurApi. (2024). *Briquetas de Coco Cascara*. https://www.eldurapi.com/es/eldurapi-briquetas-de-coco-cascara

Escobedo Aguilar, A. (2010). Sondeo Rápido de Mercado: Pulpa de Frutas. *Catie*. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10907/A7735e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Espinola, N. y Sturzenegger, G. (2023). *Descubre el Futuro Circular de América Latina y el Caribe*. https://blogs.iadb.org/agua/es/descubre-el-futuro-circular-de-america-latina-y-el-caribe/

Fatmarch. (2024). *Exploring Different Charcoal Briquette Shapes and Sizes*. https://skynatural.net/exploring-different-charcoal-briquette-shapes-and-sizes-2/

Fernández Bedoya, V. H. (2018). Punto de Equilibrio y su Incidencia en las Decisiones Financieras de Empresas Editoras en Lima. *Quipukamayoc*, *26*(52), 95–101. https://doi.org/10.15381/quipu.v26i52.15507

Food and Agriculture Organization. (2023). *Aprovechamiento Potencial de los Residuos de Madera para la Producción de Energía*. https://www.fao.org/3/t0269s/t0269S10.htm

Gallegos Paniagua, D. (2016). El Valor Percibido por el Cliente y el Comportamiento del Consumidor como Constructos Paralelos a las Leyes de Gossen. *OIKOS*(41), 89–107.

García Manjón. (2023). *Diseño de Prototipos*. https://jvmanjon.com/2023/03/29/diseno-de-prototipos/

Gomez Pajuelo, A. (2002). *La Cera de Abeja: Control y factores de calidad.* Asociación de apicultores Guadalhorce.

Gonzaga, S. (2017). Estrategias para la Fijación de Precios de Productos de Consumo Masico en la Provincia de El Oro. *Universidad Y Sociedad*, 221–227.

González, M. (2020). *Arcilla y Barro: Variedades y Diferencias*. https://martaceramica.com/arcilla-barro-lodo-ceramica-diferencias-y-tipos-disponibles/

Green Total. (2023). *The Complete Guide to Charcoal Briquettes: Types, Benefits, and How to Choose the Right One*. https://greentotal.net/the-complete-guide-to-charcoal-briquettes-types-benefits-and-how-to-choose-the-right-one/

Hernández Rodríguez, C. y Cano Flores, M. (2017). La Importancia del Benchmarking como Herramienta para Incrementar la Calidad en el Servicio en las Organizaciones, 31–42.

IBM. (2023). *Tipos de Variables*. https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=charts-variable-types

Isham-smith, B. (2020, 25 de septiembre). Lump Charcoal vs. Briquettes [Everything You Need to Know]. *TheOnlineGrill.Com*. https://theonlinegrill.com/lump-charcoal-vs-briquettes/

Kpalo, S. Y., Zainuddin, M. F., Manaf, L. A. y Roslan, A. M. (2020). A Review of Technical and Economic Aspects of Biomass Briquetting. *Sustainability*, *12*(11), 4609. https://doi.org/10.3390/su12114609

López Analuisa, D. S. y Hernández Gavilanes, E. V. (2018). *Diseño y Construcción de un Modelo de Máquina para la Fabricación de Briquetas a Partir de Residuos de Café (borra), para Estudio de su Poder Calorífico como Posible Sustituto del Carbón Vegetal.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riombaba, Ecuador.

López Chalarca, L. T., Vega Rodríguez, L. Y., Rendón Colorado, C. D. y Tobón Rojas, S. (2020). Caracterización de los residuos de la industria maderera para su aprovechamiento en diferentes aplicaciones. *Ingenieria Y Desarrollo*, *Vol. 38*, Artículo 1, 106–124.

López Roldán, P. y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa.*

Lozano, P. y Sogamoso, D. (2022). *Valorización de Biomasa Residual por Medio de Carbonización Hidrotermal (HTC): Estudio Cinético de Generación de Subproductos*, Bogota - Colombia.

Mbuya, I. (2017). *Influence of pricing strategies on consumer purchase decision.* Strathmore University.

Milanesi, G. (2017). La Tasa Interna de Retorno Promedio como Medida Alternativa de Rendimiento. *Centro De Estudios De Administración*, 10–30.

Mondragón, M. (2014). Uso de la Correlación de Spearman en un Estudio de Intervención en Fisioterapia. *Movimiento Científico*, *8*(1), 98–104.

Monteiro, T. A., Giuliani, A. C., Cavazos-Arroyo, J. y Kassouf Pizzinatto, N. (2015). Mezcla de Marketing Verde: Una Perspectiva Teórica. *Cuadernos Del CIMBAGE*(17), 103–126.

Morales, F., Carrasco, G. y Terranova, G. (2019). La Evaluación de Proyectos de Inversión: una Perspectiva Financiera. *Opuntia Brava*, *11*(2), 465–473.

Moreno Perilla, A. L. (2018). *Plan de Negocios Para la Creación de una Empresa Fabricante y Comercializadora de Briquetas Ambientales Sostenibles: Briquetada S.A.S.*

Organización de las Naciones Unidas. (2003). *Raices y Tuberculos*. https://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/roots-tubers/es/

Osborne, J. (2010). Improving your Data Transformations: Applying the Box-Cox Transformation. *Practical Assesment, Research Evaluation*, *15*(12), 1–9.

Pacheco Bautista, F. A. (2019). *Módulo Costos de Producción*. Ediciones USTA.

Parada, L. (2019). *Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk*. https://rpubs.com/F3rnando/507482

Perez, C., Avellaneda, D. y Garnica, A. (2015). *Métodos de Depreciación Según las Normas Internacionales de Información Financiera.* Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Pineda Rivera, A. N. (2023). *Propuesta para el Aprovechamiento de Residuos de Hoja de Palma como Biocombustible Sólido para su Valorización y Minimización en Zamorano, Honduras* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7292

Prieto Sandoval, V., Jaca, C. y Ormazabal, M. (2017). Economía Circular: Relación con la Evolución del Concepto de Sostenibilidad y Estrategias para su Implementación. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*(15). http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/308/366

Quesada, J. (2012). La Carbonización de Resiudos Biomásicos: Una Exploración con Perspectivas Emocionantes. *Tecnología En Marcha*, *25*(5), 15–21.

Quispe, A., Calla, K., Yangali, J., Rodríguez, J. y Pumacayo, L. (2019). *Estadística no Paramétrica Aplicada a la Investigación Científica* (Primera). EIDEC.

Raffaeli, N. (2021). Dendroenergía: Biocombustibles Sólidos Derivados de la Madera. *Facultad De Ciencias Agrarias Y Forestales*, 161–194.

Rincon Martinez, J. M. y Silva Lora, E. E. (Eds.). (2014). *Bioenergía: Fuentes, Conversión y Sustentabilidad* (Primera Edición).

Rondi, G. R., Galante, M. J., Del Casal, M. C. y Gómez, M. (2017). Reflexiones sobre el Estado de Flujo de Efectivo e Ideas para su Presenatción por el Método directo. *Ciencias Económicas*, *14*(1), 99–121.

Salcedo, D. M. (2021). *Elaboración de las Briquetas de carbón a partir de las Hojas del Árbol de Teca.* Universidad Politécnica Salesiana.

Sanamé Guzman, W. E. (2017). *Determinación del Poder Calorífico de Briquetas de Carbón Utilizando Cantidades de Residuos de Biomasa.* Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo-Perú.

Catálogo de Bienes y su Vida Útil, La gaceta (2010).

Shuliy. (2023). *Charcoal Briquette Machine - The Ultimate Guide*. https://charcoalplant.com/info/charcoal-briquette-machine-the-ultimate-guide/#

Shulyi machinery. (2023). *Máquina Extrusora de Briquetas de Carbón y Carbón para Plantas de Carbón*. https://charcoalmachines.com/es/charcoal-briquette-machine/

Smith, J. (2022). *Importancia del Packaging en Marketing: Una Guía Definitiva*.

Toala, E. (2010). *Estudio de Factibilidad para la Construcción de una Fábrica de Briquetas de Carbón Utilizando Tamo de Arroz Localizada en la Provincia del Guayas.* Universidad Politécnica Salesiana.

UNAM. (2019). *Diseño Completamente al Azar (DCA)*. https://blogceta.zaragoza.unam.mx/estabio/diseno-completamente-al-azar-dca/#:~:text=Tambi%C3%A9n%20conocido%20como%20de%20un,efecto%20del%20factor%20en%20estudio.

Valencia, W. A. (2011). Indicador de Rentabilidad de Proyectos: el Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico Agregado (EVA). *Revista De La Facultad De Ingeniería Industrial*, *1*(14), 15–18.

Van Dam. (2017). *The charcoal Transition: Greening the Charcoal Value Chain to Mitigate Climate Change and Improve Local Livelihoods.* FAO.

Vargas Aguilar, P. y Hernández Villalobos, D. (2012). Harinas y Almidones de Yuca, Ñame, Camote y Ñampi: Propiedades Funcionales y Posibles Aplicaciones en la Industria Alimentaria. *Tecnología En Marcha*, *26*(1), 37–45.

Vásquez, E. (2015). *Incidencia del Valor Percibido en la Fijación de Precios para la Adecuada Comercialización de Pollo Beneficiado al por Menor en el Distrito de Trujillo.* Universidad Nacional de Trujillo.

Vázquez Burguillo, R. (2016, 3 de abril). *Coste de Capital (Ke)*. https://economipedia.com/definiciones/coste-de-capital-ke.html

Vilca, K., Rodríguez, S., Atarama, U., Cueva, C., Concha, W. J., Atausupa, M. A. y Gosgot, W. (2022). Pirólisis: una revisión de conceptos y aplicaciones en la gestión de residuos sólidos. *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, *6*(1), 43–56. https://doi.org/10.25127/aps.20221.854

¿Qué es la Compactación de Residuos y para Qué Sirve? (2021).

Villas Tinoco, S. (2012). *La Primera Revolución Industrial*.

World Bioenergy Association. (2023). *Global Bioenergy Statistics Reports*.

Anexos

Anexo A

Cotización de la cera de abeja

Wilmer Eulalio Sánchez

R.T.N. 0704197701068 Tel.9819-6761 E-mail wilmersanchez950@gmai.com

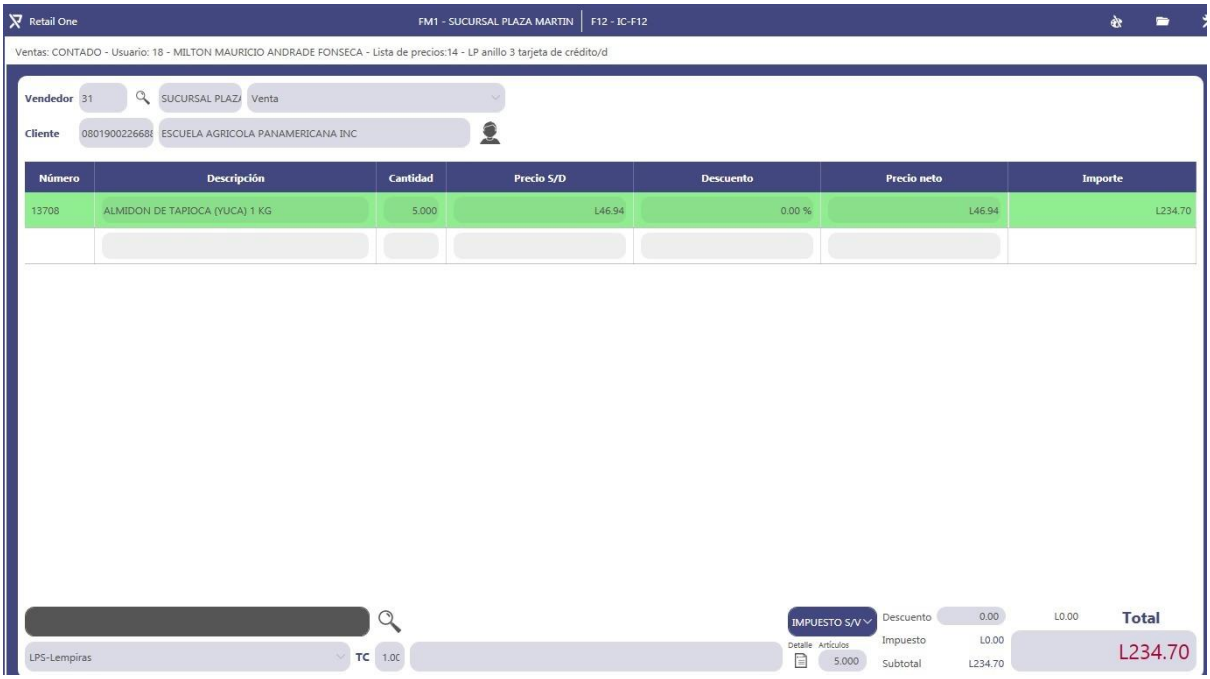
Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano

Cotización de materiales apícolas

Cantidad	**Descripción**	**Precio Unitario**	**Total**
50 Laminas	Material nuevo	18 Lps	L.900
		Subtotal	L.900
		I.S.V	L.0.0
		Total a pagar	L.900

Anexo B

Cotización del almidón de yuca



Anexo C

Cotización empaque

VEN-FO-004
COTIZACIÓN

Rev 04

Cotizacion
0424-045

Fecha: **3 de abril de 2024**

Sres. ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
Presente Sr: Anthony Javier Santana Menendez

Mail: anthony.santana@est.zamorano.edu
Tel: 9891-5701

Agradecemos la oportunidad que nos brinda de optimizar el manejo de sus productos con las mejores cajas y empaques de cartón corrugado.

Muy cordialmente,

Sonia Enamorado
Gerente de Ventas
senamorado@empresasgalindo.com
Cel: (504) 3174-8576

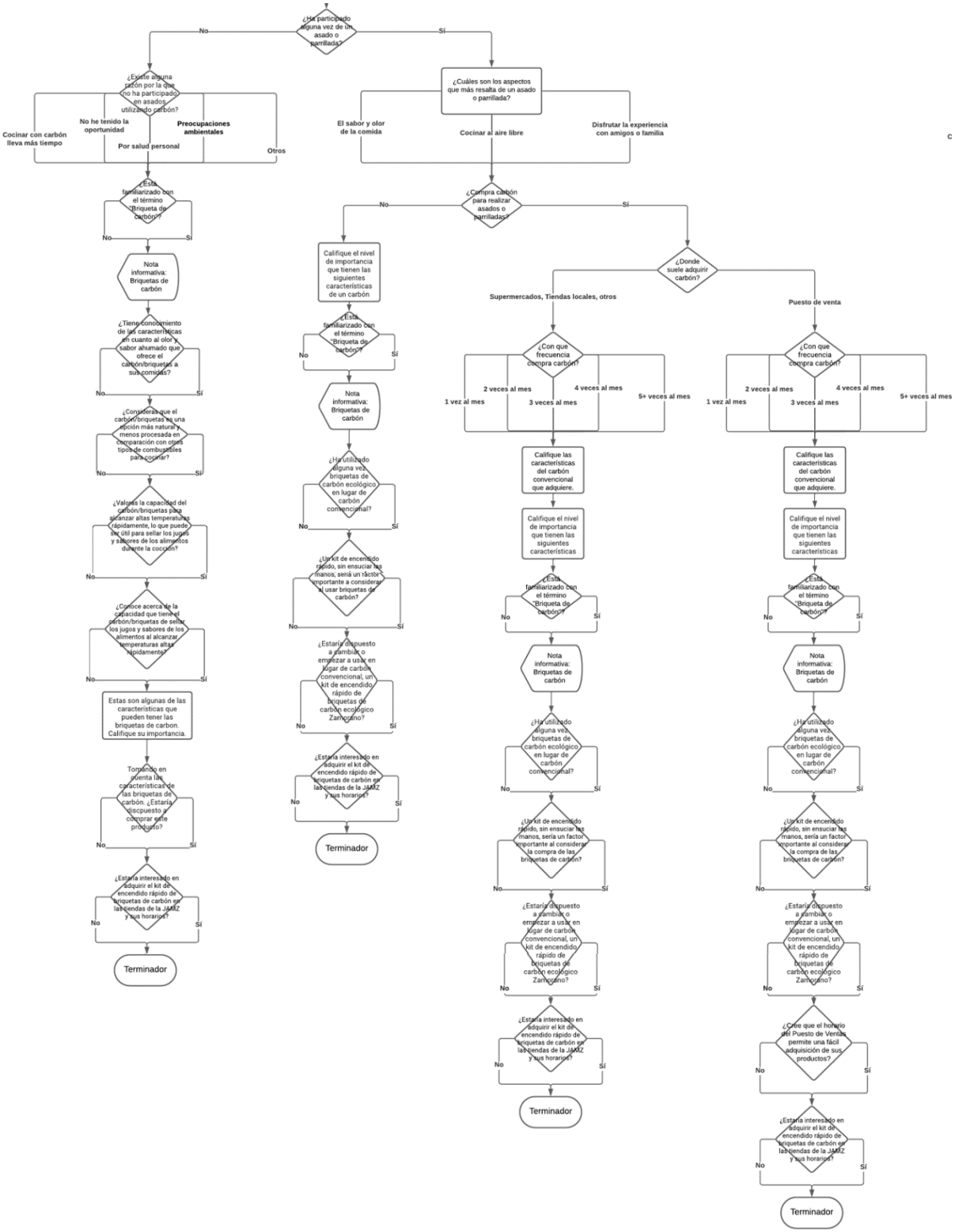
No.	Codigo.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	DIMENSIONES (mm)			TEST / ECT	PRECIO UNITARIO. Lps	CANTIDAD MINIMA POR PEDIDO
			LARGO	ANCHO	ALTO			
1	CSSM 24-194	CAJA PARA CARBON #1	370	130	120	125C-2	**L. 5.01**	4,000
2	CSSM 24-195	CAJA PARA CARBON #2	190	190	190	125C-2	**L. 5.65**	3,000

OBSERVACIONES:

1 Los precios NO incluyen el 15% de ISV.
2 El cliente podrá recibir 10% +/- de la cantidad solicitada.
3 Entrega: 15 días habiles despues de recibida la Orden de Compra y artes firmados.
4 Medidas, Test y especificaciones según muestras.
5 **Precio EXWORKS**
6 Precios validos por 3 meses a partir de la fecha.
7 Pago de contado - 50% con orden de compra y 50% contra entrega.
8 Corrugados de Sula no se hace responsable de daños ocasionados por mal manejo y almacenamiento incorrecto por parte del Cliente.

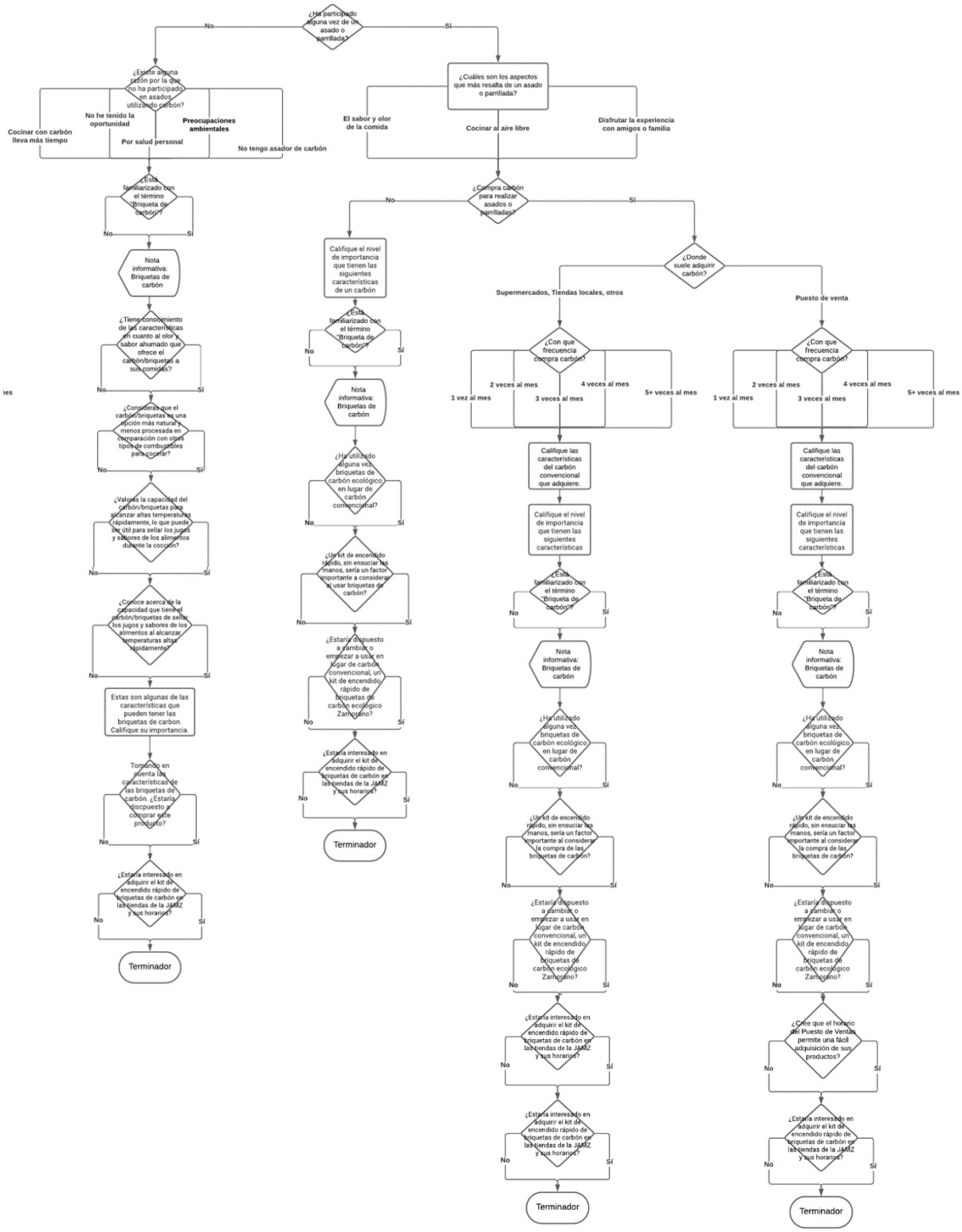
Anexo D

Diagrama de flujo del cuestionario para estudiantes



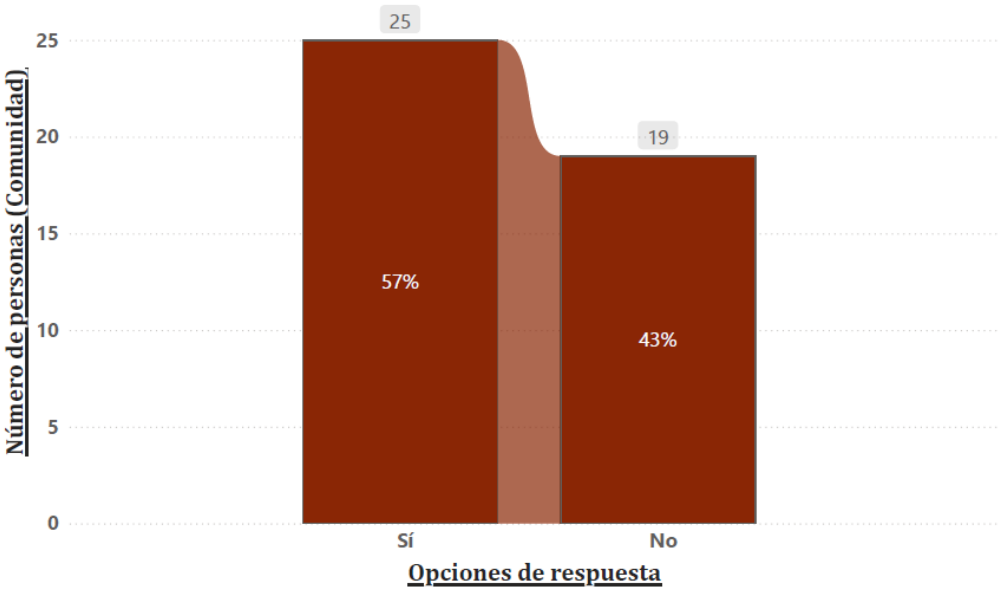
Anexo E

Diagrama de flujo del cuestionario de instructores, residentes y clientes externos



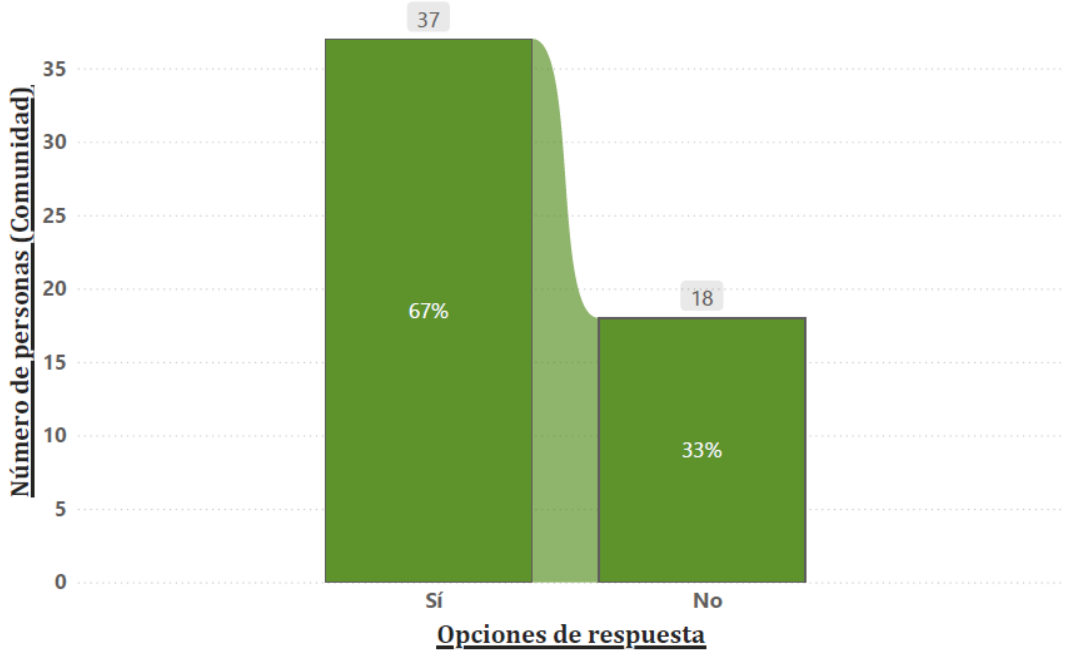
Anexo F

¿Conoce acerca de la capacidad del carbón/briquetas de sellar los jugos y sabores de los alimentos al alcanzar temperaturas altas rápidamente?



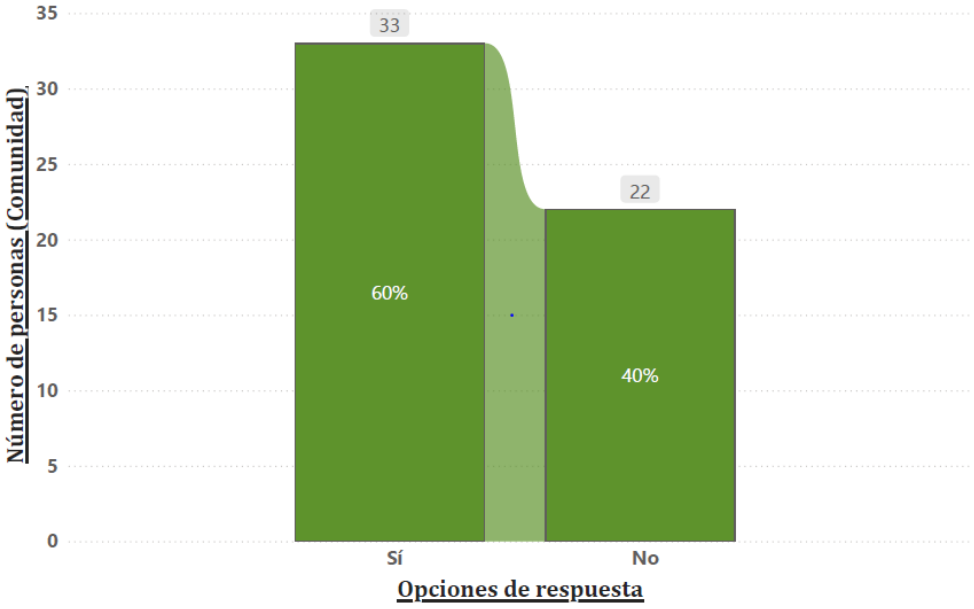
Anexo G

¿Posee un asador de carbón para realizar parriladas?



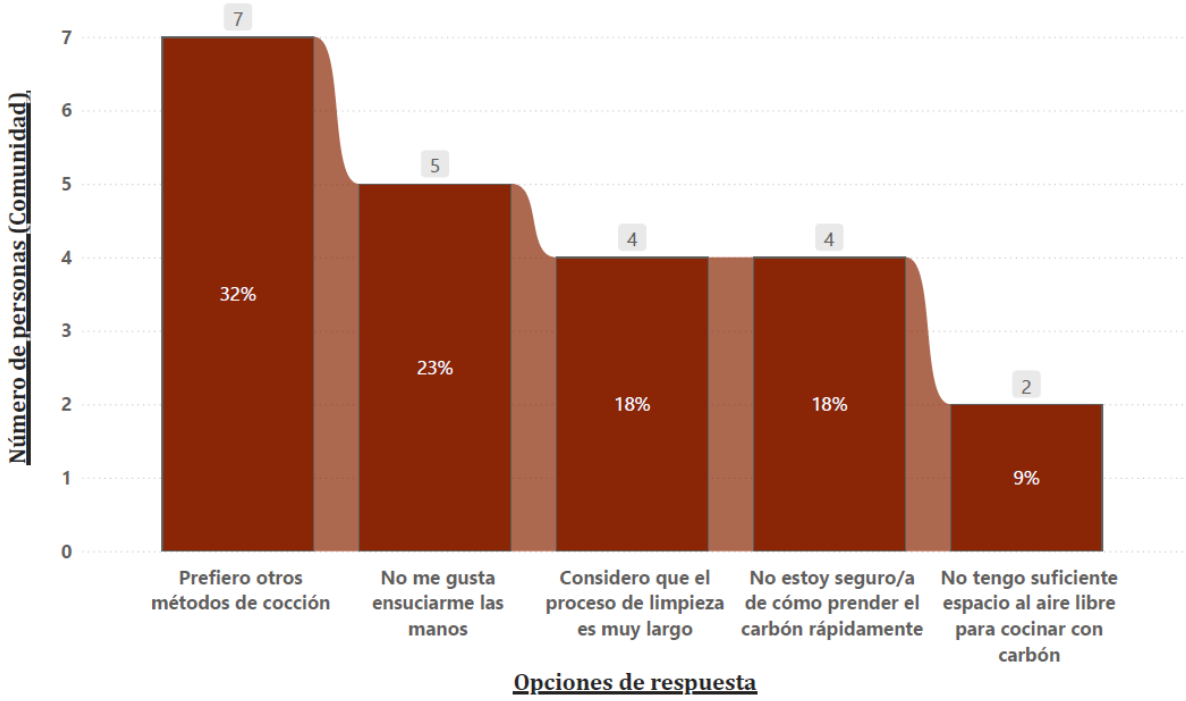
Anexo H

¿Hace uso de su asador de carbón para preparar alimentos?



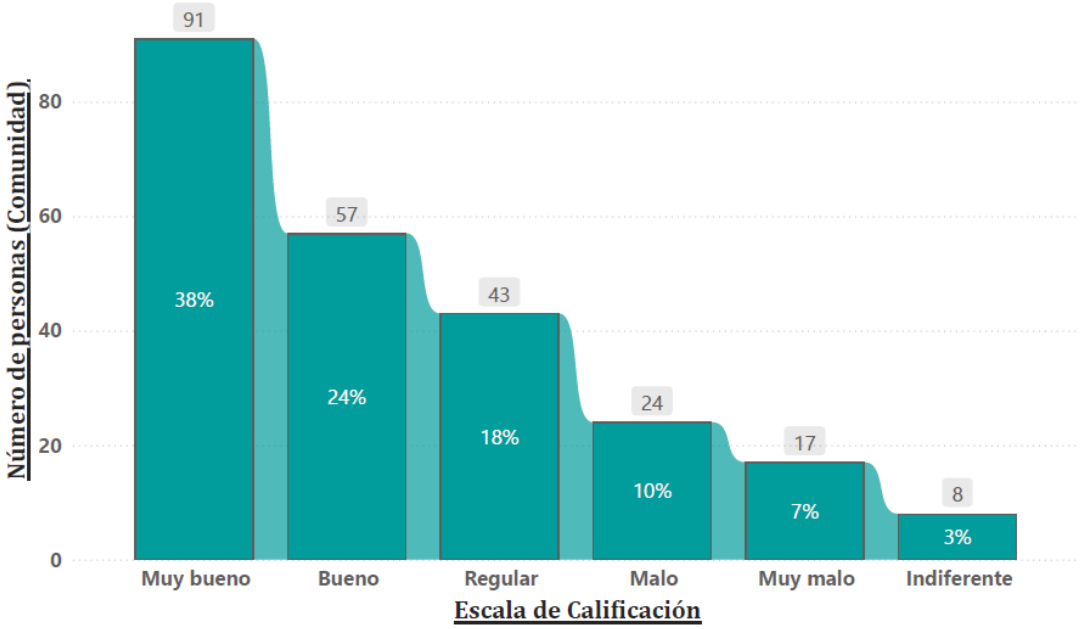
Anexo I

¿Por qué no hace uso de su asador de carbón



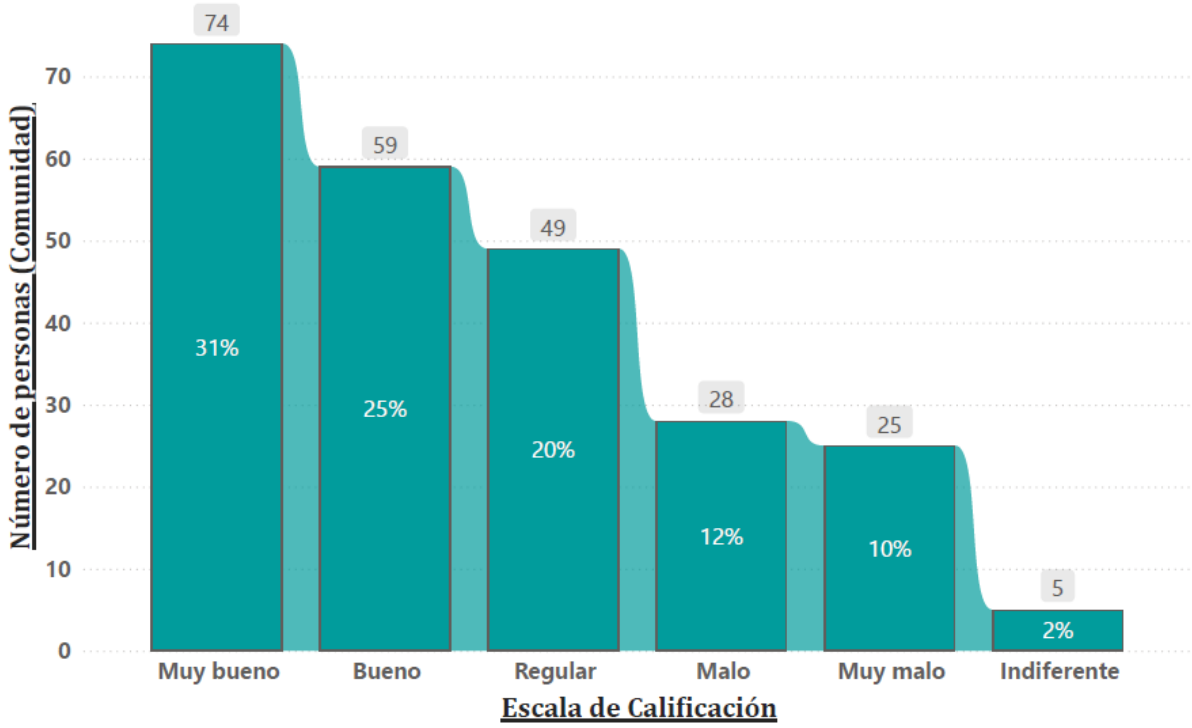
Anexo J

Satisfacción de la uniformidad en el tamaño



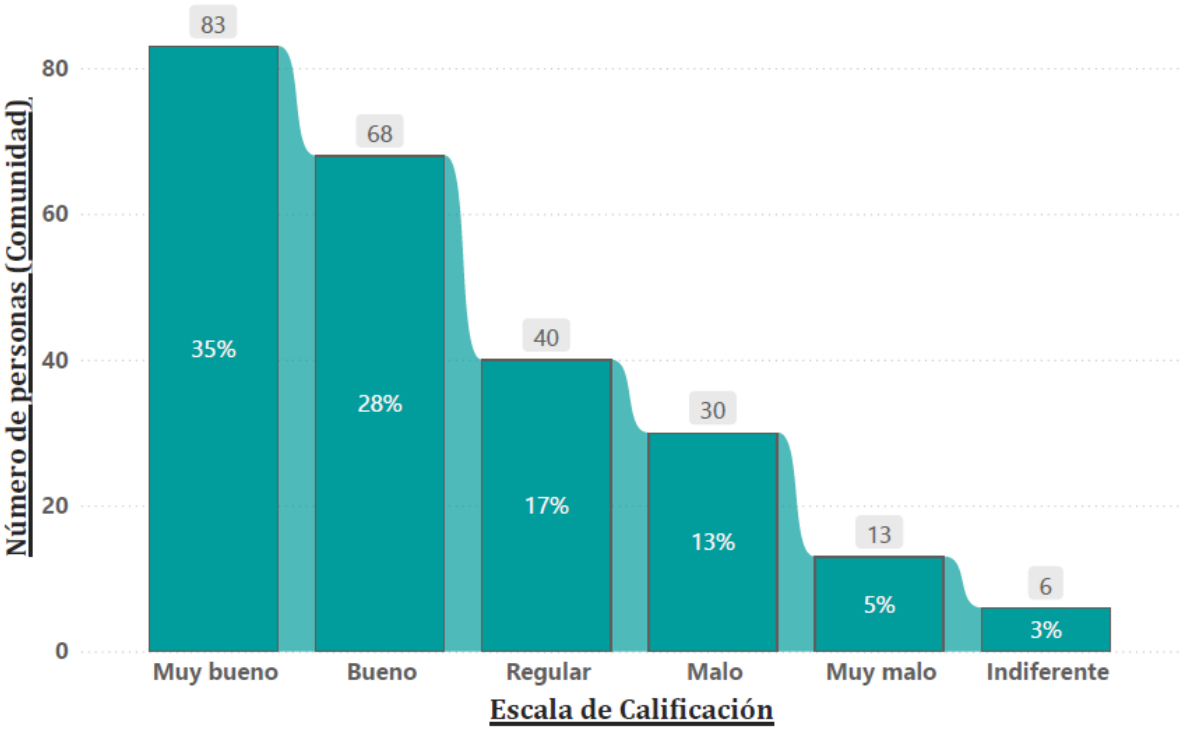
Anexo K

Satisfacción de la facilidad de encendido



Anexo L

Satisfacción de la duración de la llama



Anexo M

Satisfacción del precio