

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial



DELVALLE  
GRUPO EDUCATIVO

**Propuesta de negocio para producir carbón activado a partir  
del carbón vegetal en una empresa agrícola ubicada en Jalapa,  
Guatemala.**

*Trabajo de graduación presentado por Daniel Barco Solares para optar al  
grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial*

Guatemala,

2024



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial



*Excellencia que trasciende*

DELVALLE  
GRUPO EDUCATIVO


**Propuesta de negocio para producir carbón activado a partir  
del carbón vegetal en una empresa agrícola ubicada en Jalapa,  
Guatemala.**

*Trabajo de graduación presentado por Daniel Barco Solares para optar al  
grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial*

Guatemala,


2024


Vo.Bo.:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Pedro Rendon Aragon

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Inga. Vivian Siguenza Tobias

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Francisco Gurdian Ojeda

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Pedro Rendon Aragon

Fecha de aprobación: Guatemala, 25 de octubre de 2024.

---

## CONTENIDO

---

<b>LISTA DE DIAGRAMAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
A.    Objetivo general.....	3
B.    Objetivos específicos.....	3
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>A. CARBÓN.....</b>	<b>4</b>
1.    DEFINICIÓN DE CARBÓN VEGETAL.....	4
2.    DEFINICIÓN DE CARBÓN ACTIVADO.....	5
3.    APLICACIONES DEL CARBÓN ACTIVADO.....	6
<b>B. ESTUDIO DE MERCADO.....</b>	<b>7</b>
1.    DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	7
2.    CARBÓN ACTIVADO EN GUATEMALA.....	7
<b>C. PROCESO.....</b>	<b>7</b>
1.    PROCESO DEL CARBÓN ACTIVADO.....	7
2.    DOP DEL CARBÓN ACTIVADO POR MEDIO FÍSICO.....	9
3.    DOP DEL CARBÓN ACTIVADO POR MEDIO QUÍMICO.....	10
4.    MAQUINARIA.....	11
<b>D. EFICIENCIA.....</b>	<b>11</b>
<b>E. CONTROL DE CALIDAD.....</b>	<b>11</b>
1.    DENSIDAD APARENTE.....	11
2.    PORCENTAJE DE HUMEDAD.....	11
3.    MEDICION DE PH.....	11
<b>F. ASPECTOS A LA SEGURIDAD INDUSTRIAL.....</b>	<b>12</b>
1.    ÍNDICE DE RIESGOS LABORALES.....	12
2.    MATRIZ DE RIESGO.....	14
<b>G. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>14</b>

1.	IMPACTO AMBIENTAL .....	14
<b>H.</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>14</b>
1.	INGRESO .....	15
2.	COSTOS .....	15
3.	GASTO .....	15
4.	DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIONES .....	15
5.	FLUJO DE EFECTIVO .....	15
<b>I.</b>	<b>EVALUACIÓN FINANCIERA .....</b>	<b>16</b>
1.	TASA DE RETORNO (TIR) .....	16
2.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	16
3.	RETORNO DE INVERSIÓN .....	16
4.	VALOR PRESENTE NETO (VPN) .....	17
	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
	Objetivo 1 – Estudio de mercado .....	21
1.	Análisis PESTEL .....	21
2.	Análisis cinco fuerzas de PORTER .....	24
3.	Casa de la calidad.....	29
4.	FODA.....	30
5.	Análisis de la demanda y el precio .....	32
	Objetivo 2 – Diseño del proceso .....	34
1.	Diseño del proceso de producción .....	34
2.	Diagrama de operaciones del proceso .....	36
3.	Lista de materiales (BOM) .....	39
4.	Requerimiento maquinaria .....	41
5.	Balanceo de líneas.....	47
	Objetivo 3 – Ambientación del sistema y simulación del proceso .....	50
1.	Estaciones de trabajo .....	50
2.	Distribución de la planta.....	51
3.	Diagrama de recorrido .....	52
4.	Simulación del proceso en SIMIO Simulation .....	52
	Objetivo 4 – Análisis financiero.....	55
1.	Costo unitario de producción .....	55
2.	Inversión inicial.....	58
3.	Proyección financiera .....	60
4.	Análisis financiero bajo indicadores.....	64
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Diagrama de operaciones de proceso .....	36
Diagrama 2 - Lista de materiales (BOM).....	40
Diagrama 3 - Diagrama de recorrido.....	52

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Análisis PESTEL.....	21
Tabla 2 - Análisis de las 5 fuerzas de Porter .....	24
Tabla 3 - Análisis de la casa de calidad.....	29
Tabla 4 - Análisis de FODA.....	30
Tabla 5 - Lista de materiales (BOM) .....	39
Tabla 6 - Especificaciones del horno .....	44
Tabla 7 - Comparación diseño del horno .....	45
Tabla 8 - Balanceo de líneas .....	47
Tabla 9 - Eficiencia.....	49
Tabla 10 - Estaciones de trabajo .....	50
Tabla 11 - Costo de materiales directos .....	55
Tabla 12 - Costo de mano de obra directa.....	56
Tabla 13 - Costos directos de servicios.....	56
Tabla 14 - Costos indirectos.....	56
Tabla 15 - Costo de producción .....	58
Tabla 16 - Inversión inicial .....	60
Tabla 17 - Ingresos por venta anual .....	61
Tabla 18 - Estimación margen bruto.....	61
Tabla 19 - Depreciación.....	62
Tabla 20 - Flujo de efectivo .....	63
Tabla 21 - Análisis de sensibilidad de eficiencia .....	64
Tabla 22 - Indicadores financieros.....	65
Tabla 23 - Análisis de sensibilidad precio de venta vs. valor actual neto .....	65
Tabla 24 - Resultados indicadores financieros.....	67
Tabla 25 - Resultados punto de equilibrio.....	68
Tabla 26 - Resultados margen variable .....	68
Tabla 27 - Variación precio margen variable.....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demanda de importaciones .....	32
Figura 2 - Demanda de exportaciones.....	33
Figura 3 - Balanceo de líneas .....	48
Figura 4 - Layout propuesta de la planta de producción .....	51
Figura 5 - Simulación de proceso .....	53
Figura 6 - Salida de entidades .....	54
Figura 7 - HoldingTime del InputBuffer.....	54
Figura 8 - Composición de los costos .....	57
Figura 9 - Análisis de sensibilidad precio de venta vs. valor actual neto .....	66
Figura 10 - Análisis punto de equilibrio.....	67
Figura 11 - Código de partida del carbón activado .....	84
Figura 12 - Importaciones por partida de Comercio General 2022 .....	84
Figura 13 - Exportaciones por partida de Comercio General 2022 .....	84
Figura 14 - Importaciones por partida de Comercio General Periodo 2020 - 2022.....	84
Figura 15 - Ficha técnica de carbón activado procedente de coco .....	85
Figura 16 - Ficha técnica de carbón activado artificial .....	87
Figura 17 - Ficha técnica de carbón activado polvo de origen vegetal.....	88
Figura 18 - Ficha técnica de carbón activado granular de origen vegetal .....	89
Figura 19 - Comparación de propiedades del carbón activado.....	90
Figura 20 - Empresas productoras y comercializadoras .....	90
Figura 21 - Consulta técnica empresa distribuidora de carbón activado .....	90
Figura 22 - Resultados de porcentaje de humedad, densidad aparente y pH de carbón activado a partir de encino con activación física .....	91
Figura 23 - Rendimiento de obtención de carbón activado a partir de encino con activación física .	91
Figura 24 - Distribución de partícula de carbón activado a partir de encino con activación física....	91
Figura 25 - Numero de yodo para carón activado a partir de encino con activación física. ....	92
Figura 26 - Tabla de secuencia de secuencia en SIMIO.....	92
Figura 27 - Asignación de tabla de secuencia a Entity “Batch” .....	92
Figura 28 - Resultado de la simulación SIMIO.....	93

---

## RESUMEN

---

El objetivo principal del trabajo de graduación fue determinar si era económicamente factible para una empresa ubicada en Jalapa, Guatemala, realizar una inversión para implementar el proceso de producción de carbón activado y convertirse en uno de los principales productores en Guatemala, obteniendo una ventaja competitiva, o si, por el contrario, era más conveniente continuar con la producción de carbón vegetal (carbón).

Para alcanzar el objetivo, primero fue necesario entender el comportamiento del carbón activado dentro del mercado guatemalteco. Por lo tanto, se llevó a cabo un estudio de mercado que evaluó aspectos cualitativos, como el análisis PESTEL, para comprender el entorno político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal que podría afectar al mercado del carbón activado. Además, se utilizó el modelo de las cinco fuerzas de Porter para evaluar la competencia en la industria y determinar las oportunidades y amenazas del carbón activado en el mercado guatemalteco. Adicionalmente, se realizó un análisis FODA para identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del producto en el mercado. Mediante la tenencia del mercado y la recopilación de información de productoras y comercializadoras, se implementó una matriz de casa de calidad para priorizar los atributos del producto según las necesidades y preferencias del mercado objetivo. Por último, el estudio de mercado permitió determinar la demanda del carbón activado y su precio promedio de venta.

Se investigó el proceso de producción del carbón activado, seleccionando el proceso de activación física, para obtener un producto con las propiedades identificadas en el estudio de mercado. Se investigaron los requerimientos de la maquinaria, partiendo del activo principal que es el horno, determinando la capacidad requerida para la transformación de 40,000 libras de leña. Esto permitió desarrollar una propuesta para el diseño del proceso del carbón activado mediante la descripción del proceso productivo, diagrama de operaciones del proceso, balanceo del proceso, entre otros. Logrando así determinar la capacidad de producción que tendrá la empresa.

Teniendo el proceso establecido, se elaboró un diagrama de recorrido y se diseñó una distribución de la planta. Luego, esta información se modeló en SIMIO Simulation para obtener la producción proyectada en un mes laboral.

A partir de esta información, se llevó a cabo el análisis de factibilidad económica mediante la proyección de los flujos de efectivo del proyecto a lo largo de su vida útil, considerando la inversión realizada. Estos datos se integraron en un modelo financiero del cual se derivaron los siguientes indicadores: el valor presente neto del flujo de efectivo (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), un análisis de sensibilidad con respecto a la variable del precio y el Retorno sobre la Inversión (ROI) del proyecto.

---

## ABSTRACT

---

The main objective of this graduation project was to determine whether it was economically feasible for a company located in Jalapa, Guatemala, to invest in the implementation of an activated carbon production process and become one of the leading producers in Guatemala, gaining a competitive advantage, or whether it would be more convenient to continue with the production of charcoal instead.

To achieve this objective, it was first necessary to understand the behavior of activated carbon within the Guatemalan market. Therefore, a market study was conducted to evaluate qualitative aspects, including a PESTEL analysis, to understand the political, economic, social, technological, environmental, and legal factors that could affect the activated carbon market. Additionally, Porter's Five Forces model was applied to assess industry competition and to identify opportunities and threats in the Guatemalan market. A SWOT analysis was also conducted to determine the product's strengths, weaknesses, opportunities, and threats. Through market share data and information gathered from producers and distributors, a House of Quality matrix was implemented to prioritize product attributes based on the needs and preferences of the target market. Finally, the market study allowed for the estimation of the demand for activated carbon and its average selling price.

The activated carbon production process was researched, selecting the physical activation method in order to obtain a product with the properties identified in the market study. Machinery requirements were analyzed, starting with the primary asset—the furnace—by determining the capacity needed to process 40,000 pounds of wood. This enabled the development of a proposal for the activated carbon production process design, which included a process description, process operations diagram, process balancing, among others, ultimately allowing for the determination of the company's production capacity.

With the process defined, a process layout diagram was created, and the plant layout was designed. This information was then modeled using SIMIO Simulation to estimate the projected production over a working month.

Based on this information, an economic feasibility analysis was conducted through the projection of cash flows over the project's useful life, considering the required investment. These data were incorporated into a financial model, from which the following indicators were derived: the Net Present Value (NPV) of the cash flow, the Internal Rate of Return (IRR), a sensitivity analysis based on price variation, and the Return on Investment (ROI) of the project.

# CAPÍTULO 1

---

## INTRODUCCIÓN

---

Actualmente, la empresa ubicada en Jalapa se dedica a la producción de carbón vegetal y busca darle un nuevo valor agregado a su producto mediante la integración de un nuevo proceso de transformación, obteniendo como producto final el carbón activado. Hoy en día, el carbón activado tiene una amplia aplicación en diferentes segmentos del mercado, como productos farmacéuticos, cosméticos, purificación de aire, alimentos y con mayor demanda en tratamientos de líquidos.

La empresa emplea un proceso que implica la carbonización de la leña de encino mediante un horno artesanal, con el producto resultante destinado a la venta. No obstante, con el objetivo de agregar valor a su actual producción, se plantea la necesidad de realizar un estudio de mercado íntegro con el objetivo de diseñar un proceso capaz de satisfacer los deseos de los clientes. Este estudio se enfocará en evaluar el panorama competitivo, analizar la demanda existente y determinar los precios que el mercado está dispuesto a pagar. Con base en la demanda identificada, se propone el diseño de un proceso de producción mediante el método de activación física. Este método se selecciona para garantizar la obtención de un producto que cumpla con los estándares de calidad requeridos en el mercado. El diseño del proceso se ajustará a las capacidades y tiempos específicos identificados en las maquinarias seleccionadas. Además de determinar el nivel de producción anual validándolo mediante una simulación del diseño.

Con este trabajo se busca determinar la rentabilidad de implementar el proceso de transformación de carbón activado con el objetivo de que la empresa se posicione como uno de los principales comercializadores de carbón activado en Guatemala.

---

### JUSTIFICACIÓN

---

Una empresa ubicada en Jalapa, Guatemala dedicada al giro forestal produce aproximadamente entre 40,000 y 100,000 libras de carbón vegetal al mes. El carbón vegetal es utilizado principal como fuente de energía para los hogares, a comparación del carbón activado que por sus excelentes propiedades físicas cuenta con una amplia variedad de aplicaciones. En Guatemala, en el departamento de Suchitepéquez, existen 11 empresas forestales carboneras que durante el año 2020 comercializaron un total de 1,909.5 m<sup>3</sup> (Instituto Nacional de bosque, 2020). La empresa busca sacar una ventaja competitiva de la industria desarrollando un proceso que convierta de carbón vegetal a carbón activado para darle un mayor valor agregado.

Según la empresa, el material de carbón activado proviene de importaciones. En el año 2022, Guatemala importó 2.91 millones de dólares de carbón activado, convirtiéndolo en el importador número 69 de carbón activado en el mundo (OEC, 2022), confirmando lo que mencionó la empresa. El carbón activado tiene una aplicación muy variada, debido a su gran superficie específica tiene una capacidad de limpieza de adsorción más fuerte, eliminando olores, siendo así, un producto natural. También es altamente poroso lo que causa mayor adsorción cuando se expone a toxinas en el aire. Por sus propiedades ya mencionas el carbón activo es utilizado para productos cosméticos como mascarillas faciales, en productos farmacéuticos como desintoxicantes, en productos dentales como pasta de dientes e incluso en sistemas más complejos como en un proceso de purificación de agua.

El propósito que presenta dicha investigación es mostrar la factibilidad de implementar un proceso de producción de carbón activado con la producción actual de la empresa y si es suficiente para contrarrestar las importaciones y convertirse en el principal distribuidor nacional de carbón activado.

#### **A. Objetivo general**

Elaborar una propuesta de negocio para producir carbón activado a partir del carbón vegetal en una empresa agrícola ubicada en Jalapa, Guatemala.

#### **B. Objetivos específicos**

1. Realizar un estudio de mercado a través de investigación y análisis de datos para estimar la demanda y así determinar la capacidad de producción requerida, los estándares de calidad mínimos y el precio que las empresas están dispuestas a pagar.
2. Diseñar el proceso de transformación de carbón vegetal a carbón activado mediante el análisis de los estándares de calidad obtenidos del estudio de mercado para determinar los tiempos de operaciones, maquinaria requerida y parámetros de rendimiento para alcanzar los estándares de calidad deseados.
3. Modelar el proceso de producción de carbón activado para identificar la capacidad de producción en un mes laboral e identificando cuellos de botella. Además, presentar una propuesta detallada para el diseño del espacio e instalación de las máquinas mediante una simulación.
4. Evaluar la factibilidad económica y financiera para la propuesta de negocio que determine si se logrará alcanzar una ganancia en operación, la inversión inicial requerida y el tiempo de retorno usando una TMAR del 25%, mediante el análisis detallado de los costos operativos, los ingresos proyectados y el flujo de efectivo.

## A. CARBÓN

### 1. DEFINICIÓN DE CARBÓN VEGETAL

El carbón vegetal es un material combustible, sólido, frágil y poroso con un alto contenido en carbono. Básicamente son restos de materiales tales como maderas, cascara, huesos, leña, entre otros, que se han calentado, en condiciones controladas, en un espacio cerrado, dentro de un recipiente que se calienta a más de 500 grados C, eliminando todos sus componentes volátiles, aumentando su porcentaje de carbono obteniendo un tipo de carbón puro artificial. La madera es la materia prima preferida y la más empleada, desde el punto de vista de disponibilidad, de las propiedades de carbón vegetal y por principios económicos (Toalan, 2010).

#### Características

Las propiedades físicas del carbón vegetal van a depender del tipo de materia prima del que provengan y la calidad del proceso con el que se haya fabricado (Vera,2020).

- **Conducción de calor**

Este material tiene una condición baja de energía debido a que tiene una porosidad muy alta y porque su capacidad de conducir la electricidad es baja.

- **Resistencia y ciclo de vida**

A comparación con los carbones naturales, el carbón vegetal tiene menos ciclo de vida y su uso es limitado hasta llegar a convertirse en ceniza.

- **Textura**

Este material conserva la textura y forma del tipo de pedazo como provino.

- **Adsorción**

Este material puede atraer toxinas, aguas y gases.

#### Uso

El carbón vegetal es el material de carbón más utilizado por el hombre probablemente desde el inicio de sí mismo, dado que los trozos de madera carbonizados que quedaron en la hoguera se pueden considerar un carbón vegetal. Otro uso es para la elaboración de la pólvora, esta se compone por un 13%

de carbón vegetal. Dado que es un material poroso, otra de sus aplicaciones es su uso como absorbente. El carbón vegetal no posee una estructura porosa tan desarrollada como el carbón activo (Toalan, 2010).

## 2. DEFINICIÓN DE CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado es uno de los materiales adsorbentes más utilizados hoy, se puede aplicar en medicina, artículos cosméticos, en la purificación de agua y aire y la separación de mezcla de gases. Este material está basado en diversas materias primas las cuales deben de contar con una activación para poder ser carbón activo. El carbón activado se refiere a la porosidad rodeada por átomos de carbono. Este material es de color negro cuenta con una elevada área superficial, alta porosidad, un buen volumen y diámetros de poros, lo que brinda excelentes propiedades físicas (Moreno et al., 2021).

Las propiedades adsorbentes del carbón activado dependen del tamaño de los poros, lo cual origina un área superficial más eficiente para capturar diferentes moléculas. Existen diferentes tamaños de poro. Están los microporos los cuales contienen una superficie más elevada que permite capturar mayores capacidades. Y, están los mesoporos y macroporos que tienen mayor superficie interna para capturar mejor otros componentes como los colorantes.

Los carbones activados se hacen de madera duras, cascara de coco, bambú y de sistemas macromoleculares sintéticos. Sin embargo, cada tipo de carbón activado, dan distintas porosidades y cada uno tiene especificaciones y aplicaciones distintas, pero de distintos recursos se puede hacer un mismo tipo de carbón activado (Grajeda, 2013).

Existen dos métodos de activación los cuales son activación física y química. El método físico el cual comienza con una carbonización del carbón vegetal y finaliza con una activación térmica, la cual se lleva a cabo mediante una atmosfera controlada con gases oxidantes los cuales pueden ser H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> o aire a una temperatura de 800 grados C - 1000 grados C. con un tiempo de 30 minutos o varias horas. El método químico, en el cual se impregna reactivos químicos como KOH, ZnCl<sub>2</sub> etc. Estos deshidratan e impiden la formación de alquitranes y posteriormente se lleva a carbonizado (Moreno et al., 2021).

### Propiedades

- **Porosidad**

Los poros es el espacio que se encuentra en el interior de un sólido. La porosidad define la cantidad de poros y el tamaño del material. Los carbones activados presentan una gran cantidad de poros, obteniendo buenas propiedades absorbentes al material (Agudelo, 2017).

- **Número de yodos y área superficial**

Es la parte de un sólido que interactúa con las moléculas que se encuentran a su alrededor, una de las características del carbón activado es que tienen una elevada área superficial que da mayor adsorción. Los carbones activados presentan un área superficial entre 500 a 1500  $m^2/g$  incluso puede llegar a 3000  $m^2/g$  esto se debe a la cantidad y tamaño de los poros que presentan el material. Estas propiedades varían según el tipo de material que se utilice, además de los procesos empleados (Agudelo, 2017).

- **Composición química**

La composición química suele ser un 75 – 80% de carbono, 6% de oxígeno, 5-10% de cenizas y 0.5% de hidrogeno (Agudelo, 2017).

- **Estructura física**

La estructura origina la distribución de los poros en el material. Posee una estructura poco ordenada debido a su alta porosidad y su área superficial que depende de factores como: proceso de activación, variables del proceso y materia prima (Agudelo, 2017).

### **3. APLICACIONES DEL CARBÓN ACTIVADO**

Es muy utilizado por sus propiedades teniendo una amplia gama de aplicaciones donde estos se han aplicado en biomedicina, los tratamientos de agua y eliminaciones de contaminantes en soluciones acuosas separación y purificación en fases gaseosas, almacenamiento de energía, almacenamiento de calor, supercondensadores, productos farmacéuticos y de cuidado personal. Sin duda es un material que presenta una amplia variedad de aplicaciones (Uner & Bayrak, 2018).

- **Procesos industriales**

Con el objetivo de purificar el agua potable y se ha desarrollado nuevas tecnologías donde se incluye la plata para que la eliminación de bacterias sea más eficiente. Otro uso es para la eliminación de olores de las plantas de desechos como aguas residuales (García & Granillo, 2017).

- **Médico**

Se utiliza para tratar envenenamiento o sobredosis. Además, es utilizado para eliminación de impurezas incoloras de productos químicos en la industria farmacéutica (García & Granillo, 2017).

- **Recuperación de solventes**

Cuando un líquido está contaminado con impurezas este puede ser eliminado a través del uso del carbón activado (García & Granillo, 2017).

- **Evitar la maduración de frutas y verduras**

Puede ser utilizado como absorbente de etileno, con el cual se evita la maduración prematura de las frutas o verduras (García & Granillo, 2017).

- **Decoloración de licores**

La mayoría de los licores son mejorados por tratamientos con carbón activado ya que elimina el sabor que adquieren las bebidas después de la destilación (García & Granillo, 2017).

- **Otras aplicaciones**

Para filtro en cigarrillos, recuperación de yodos en aceites de petróleo y recuperación de sustancias químicas (García & Granillo, 2017).

## **B. ESTUDIO DE MERCADO**

### **1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Esta empresa de Jalapa administra fincas forestales, principalmente al proceso de producción de árboles. Actualmente producen alrededor de 40,000 libras de carbón vegetal y lo comercializan manteniendo un ciclo circular. Tiene dos instalaciones de producción y le interesa rediseñar el proceso de una instalación para producir carbón activado.

### **2. CARBÓN ACTIVADO EN GUATEMALA**

En Guatemala el mercado de carbón activado ha presentado un incremento de importación debido a sus múltiples usos en las diferentes industrias. Actualmente en Guatemala existen empresas que producen este producto.

Según datos del Banco de Guatemala en el comercio exterior de Guatemala, el principal exportador de Guatemala es Costa Rica de los siete países principales. Por esa razón es importante desarrollar nuevas productoras de carbón activado que ofrezcan un producto de alta calidad y dar un valor agregado al carbón vegetal. Inconvenientes

## **C. PROCESO**

### **1. PROCESO DEL CARBÓN ACTIVADO**

La activación ocurre cuando se carboniza materiales orgánicos como la madera, se aumenta el área superficial porque se degradan estructuras orgánicas y se eliminan compuestos volátiles. Si se expone el material carbonizado a elevadas temperaturas con vapor de agua o dióxido de carbono se aumenta la superficie interna del carbón, la cantidad y tamaño de poros (Grajeda, 2013).

Existen dos métodos de activación:

- **Activación física o térmica**

Normalmente el proceso cuenta con dos operaciones. La primera la carbonización que es la transformación de la materia prima a carbón donde se eliminan los componentes volátiles y se le comienza a dar la porosidad inicial. Este proceso se realiza en ausencia de oxígeno a temperaturas inferiores de 700 grados C. En la segunda etapa, el carbón se expone ante una atmósfera oxidante (oxígeno, vapor de agua o dióxido de carbono) a temperaturas entre 800 – 1200 grados C, que elimine los componentes volátiles, aumente el volumen de los poros y aumenta la superficie específica (Ospina et al., 2013).

- **Activación química**

El carbón inactivo también se puede activar mediante un método químico, usando como agentes activantes sulfuro de potasio, tiocianato de potasio, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, hidróxido de metales alcalinos y cloruros de calcio y magnesio. Cabe mencionar que el cloruro de Zinc es el activante más utilizado (Grajeda, 2013). Para la activación química, la biomasa es molida y tamizada, luego este se impregna al precursor reactivos químicos generando una deshidratación y evita la formación de muchas resinas por un periodo de 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente es llevado a carbonización a una temperatura de 400 grados C – 900 grados C por una hora. Finalmente, luego enfriarse, lavarla con agua destilada hasta tener un pH neutro (Moreno et al., 2021).

## 2. DOP DEL CARBÓN ACTIVADO POR MEDIO FÍSICO

**Diagrama de proceso de la operación:** Preparación del carbón activado

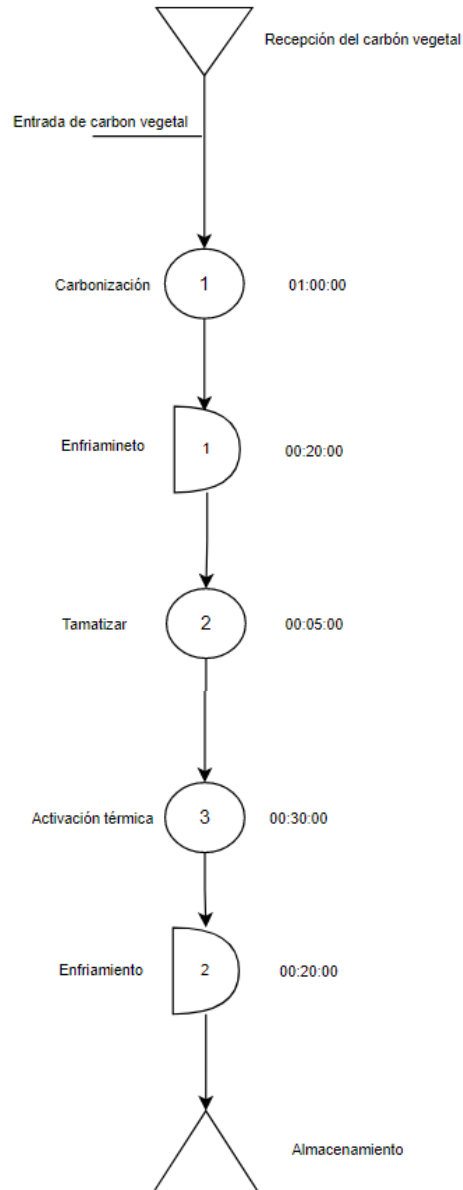
Carbón activado - Método físico

Método actual

Fecha de elaboración: Guatemala, 2022

Elaborado por: Daniel Barco

Desde la recepción del carbón vegetal hasta el almacenamiento



Resumen		
Actividad	Cantidad	Operación
Operaciones	3	01:35:00
Inspecciones	0	00:00:00
Decisiones	0	01:00:00
Transportaciones	0	00:00:00
Esperas	2	00:40:00
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>03:15:00</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3. DOP DEL CARBÓN ACTIVADO POR MEDIO QUÍMICO

**Diagrama de proceso de la operación:** Preparación del carbón activado

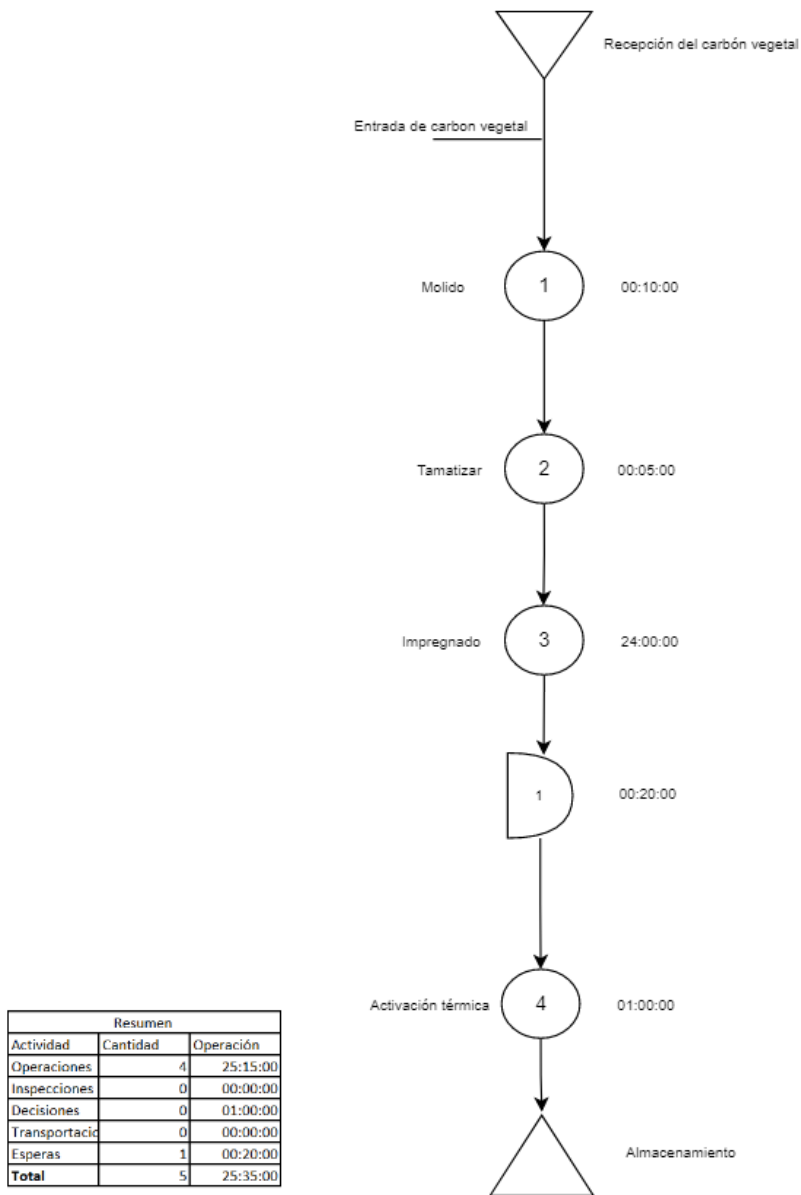
Carbón activado - Método Químico

Método actual

Fecha de elaboración: Guatemala, 2022

Elaborado por: Daniel Barco

Desde la recepción del carbón vegetal hasta el almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

## 4. MAQUINARIA

### Horno horizontal

Un horno es una máquina que se utiliza para proporcionar calor para un determinado proceso o reacción.

### Tamizador

Es una máquina que separa los materiales de una mezcla de sólidos por diferencia de tamaño de sus partículas, usando telas o laminadas perforadas llamadas tamices o cridas. Los tamices se clasifican según el número de mallas o agujeros que posee en una superficie de una pulgada lineal. El tamizador solo puede separar la muestra en dos tamaños: La que atraviesa los poros del tamiz y la que queda retenida en la parte superior. Por medio de sacudidas, vibraciones, oscilaciones o trepidaciones se separan los materiales a separar, hasta obtener un polvo fino (Larraían, 2022).

## D. EFICIENCIA

La eficiencia es una proporción entre la producción real de un proceso y la producción estándar determinada (Chase y Jacobs, 2011).

- $$Eficiencia = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Estandar} * 100\%$$

## E. CONTROL DE CALIDAD

### 1. DENSIDAD APARENTE

Es un método de calidad que permite determinar la densidad compactada de un lecho de carbón activado granular. Se hace midiendo el volumen embalado por una caída libre de un alimentador vibratorio en un cilindro graduado de 100 ml y pesando el volumen conocido. Para esto se necesita un embudo, alimentador de embudo, vibrador de metal, cilindro de 100ml, balanza (Grajeda, 2013).

### 2. PORCENTAJE DE HUMEDAD

Este método es mediante la humedad. El contenido de humedad del carbón activado se requiere para definir y expresar sus propiedades en relación con el peso neto del carbono (Grajeda, 2013).

### 3. MEDICION DE PH

El Ph del carbono puede ser un parámetro importante para determinar las características principales del carbono. Por medio de una muestra de carbón activado se hierve en agua para reactivos usando un

condensador de reflujo para reciclar el vapor de agua. Las partículas de carbono se separan por medio de filtración y el Ph del filtrado se determina mediante la medición electrométrica (Grajeda, 2013).

## **F. ASPECTOS A LA SEGURIDAD INDUSTRIAL**

### **1. ÍNDICE DE RIESGOS LABORALES**

#### **RL01: Quemadura**

- a. Causas:
  - Contacto con maquinaria caliente
  - Contacto con materiales calientes
- b. Medidas reventivas
  - Uso de guantes de protección
  - Límite de aceración

#### **RL02: Inhalación de vapores**

- a. Causas:
  - Uso de horno
- b. Medidas preventivas
  - Ventilación adecuada
  - Uso de mascarilla

#### **RL03: Exposición a gases**

- a. Causas:
  - Uso de horno
- b. Medidas preventivas
  - Ventilación adecuada
  - Uso de mascarilla
  - Revisión diaria de fugas
  - Mantenimiento diario a extractores de ventilación

#### **RL04: Atrapamiento de extremidades**

- a. Causas:
  - Uso de trituradora
- b. Medidas preventivas
  - Implementar barreras

- Bloquear la zona una vez iniciado el proceso
- Prohibido uso de accesorios
- Mantenimiento preventivo
- Botón de pausa

**RL05: Exposición a polvo**

- a. Causas:
  - Contacto con el carbón
- b. Medidas preventivas
  - Ventilación adecuada
  - Uso de mascarilla
  - Equipo de seguridad
  - Gafas protectoras
  - Limpieza constante





**RL06: Incendios**

- a. Causas:
  - Mezcla de polvo de carbón y aire
- b. Medidas preventivas
  - Aparato de respiración autónoma
  - Equipo estandarizado de protección personal de bomberos

## 2. MATRIZ DE RIESGO

			GRAVEDAD (IMPACTO)				
			MUY BAJO 1	BAJO 2	MEDIO 3	ALTO 4	MUY ALTO 5
PROBABILIDAD	MUY ALTA	5					
	ALTA	4		RL02 RL03 RL05			
	MEDIA	3			RL01		
	BAJA	2					
	MUY BAJA	1					RL04

	Riesgo muy grave. Requiere medidas preventivas urgentes. No se debe iniciar el proyecto sin la aplicación de medidas preventivas urgentes y sin acotar
	Riesgo importante. Medidas preventivas obligatorias. Se deben controlar fuertemente las variables de riesgo durante el proyecto.
	Riesgo apreciable. Estudiar económicamente si es posible introducir medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo. Si no fuera posible, mantener las
	Riesgo marginal. Se vigilará aunque no requiere medidas preventivas de partida.

Fuente: Elaboración propia

## G. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

### 1. IMPACTO AMBIENTAL

El carbón contiene alto contenido de CO<sub>2</sub>. Al quemarse, sus gases contribuyen al incremento del efecto invernadero del planeta. Como consecuencia produce calentamiento global, cuyo resultado es el cambio climático del planeta. Debido a esto, el proceso de carbonización se debe de realizar en un lugar donde se pueda controlar. Además, contribuye a la destrucción de hábitats y ecosistemas, así como el impacto visual de la zona.

## H. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La finalidad es permitir ver si el proyecto que se interesa implementar es viable en términos de rentabilidad económica. Por ello, realizar esta evaluación es fundamental para decidir en un proyecto de inversión. El estudio financiero formará parte de un posterior estudio de mercado. Toda la información recolectada será para evaluar la viabilidad del proyecto.

## 1. INGRESO

Un ingreso es el aumento de los recursos económicos. Este debe entender por parte de pasivo y activo, es la recuperación de un activo. La empresa en su actividad comercial recibe dinero por la venta de sus productos. De esta manera se incrementa el patrimonio empresarial (González, 2021).

## 2. COSTOS

Consideramos como costo, el valor monetario de los recursos que se entregan a cambio de bienes o servicios que se adquieren. En el momento de la adquisición se incurre el costo (Chase y Jacobs, 2011). Se puede tratar de:

- Costo de producto: Que puede ser fijo o variable.
  - Fijo: Es todo egreso que permanece constante sin importar el nivel de producción existente. Como la renta, impuestos, depreciaciones, seguros entre otros.
  - Variables: Son egresos que se ven influidos por el nivel de producción.

## 3. GASTO

Es el sacrificio en unidades monetarias, mediante la reducción de activos o el aumento de pasivos. Los costos se relacionan con la producción mientras que los gastos se relacionan con venta administrativa y financiamiento (González, 2021).

## 4. DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIONES

La depreciación es un método para asignar los costos del equipo de capital. El valor de un activo disminuye de acuerdo con el tiempo que transcurre. Es decir, que el costo se le asigna de acuerdo con su deterioro. En cuanto a la amortización con frecuencia tiene el mismo significado, sin embargo, se refiere a la asignación de los costos a lo largo de la vida útil en cuanto a los activos intangibles (Chase y Jacobs, 2011).

Método de depreciación

Método de línea recta: Se reduce el valor de un activo en montos anuales a lo largo de su vida útil estimada.

- $$\text{Monto anual de depreciación} = \frac{\text{Costo} - \text{Valor de Ssalvamento}}{\text{Vida útil estimada}}$$

## 5. FLUJO DE EFECTIVO

Es la acumulación de activos líquidos en un tiempo determinado. Sirve como un indicador de liquidez de la empresa, es decir la capacidad de generar efectivo (González, 2021).

# I. EVALUACIÓN FINANCIERA

## 1. TASA DE RETORNO (TIR)

Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto (González, 2021).

Los criterios de decisión son:

- $TIR > K$ : El proyecto de inversión es aceptado.
- $TIR = K$ : La inversión no representa riesgos ni beneficios, es decir la empresa no tendría mejora competitiva.
- $TIR < K$ : No se alcanza la rentabilidad mínima

## 2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad es una técnica que permite contestar a preguntas de que pasaría si. Esta es una técnica para evaluar qué impacto tiene una variable independiente de un modelo financiero sobre la variable dependiente. Es decir, observar cómo afecta el aumento o disminución de un valor sobre el resultado final. Se pueden crear muchos escenarios del proyecto, a partir de: Volumen de ventas, costo del producto o precio de venta, costo de desarrollo y tiempo de desarrollo del proyecto (Chase y Jacobs, 2011).

## 3. RETORNO DE INVERSIÓN

Conocido como ROI, es una medida de rendimiento que indica la eficiencia o rentabilidad de una inversión. Es una herramienta que de forma directa mide la cantidad de retorno de una inversión con relación al costo (Galindo, 2022).

Ecuaciones para calcular el ROI:

- $ROI = \frac{\text{Retorno neto de una inversión}}{\text{Costo de inversión}} * 100\%$
- $ROI = \frac{\text{Valor actual de la inversión} - \text{Costo de inversión}}{\text{Costo de inversión}} * 100\%$

El resultado se interpreta como porcentaje, independientemente de la ecuación utilizada, lo que es beneficioso para conocer su rendimiento y comparar con otras inversiones. Un ROI positivo indica que los rendimientos netos de la inversión son buenos. Mientras que una ROI negativa representa pérdida neta (Galindo, 2022).

#### 4. VALOR PRESENTE NETO (VPN)

Es una herramienta financiera que mide el valor total de una inversión ajustado al valor actual que representan todos los flujos netos de efectivo de un proyecto. A través de esta herramienta todos los flujos de efectivo futuros se descuentan utilizando una tasa de rendimiento. Si el valor es positivo indica que, si es factible la inversión, si es negativo se recomienda rechazar la idea (Galindo, 2022).

$$V_o = \sum_{n=1}^n \frac{V_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

$V_n$  = Entrada y salida de efectivo durante un periodo

$i$  = Tasa interna de retorno

$n$  = Periodo de tiempo

Criterios:

- $VPN > 0$ : El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficio.
- $VPN = 0$ : El proyecto no genera ni beneficios ni pérdidas.
- $VPN < 0$ : El proyecto genera pérdidas, por lo que se debe de rechazar el proyecto.

### A. INTRODUCCIÓN

A continuación, se detallará cuál será la metodología utilizada en cada objetivo para la propuesta del proceso del carbón activado, proporcionando una secuencia lógica y los pasos a seguir para su cierre. Se detallará cómo se recopilarán los datos, mediante qué programas se realizará el análisis y que herramientas de la ingeniería industrial se aplicarán. La metodología de investigación se centra en un enfoque descriptivo en el cual se va a detallar el proceso de la transformación de leña a carbón activado, destacando los equipos y servicios necesarios y se recopilará información del mercado para tener una mejor comprensión de los elementos claves del mercado con el fin de desarrollar estrategias de mercado que respalden la toma de decisión. Además, se incorpora un componente experimental que será por medio de la simulación, donde se manipulan datos y variables para observar y medir sus efectos, generando diversos escenarios. Asimismo, se integra un método cuantitativo en el análisis financiero para evaluar la rentabilidad del proceso facilitando la toma de decisión.

#### **Objetivo 1 – Estudio de mercado**

En la parte inicial del proyecto se realizará un análisis del mercado para identificar las oportunidades y amenazas claves para desarrollar un modelo o estrategia que permita a la empresa ser rentable y destacarse de la competencia. Con este estudio de mercado se identificará cuáles son los estándares de calidad que los compradores buscan en el carbón activado. Además, se determinará la demanda anual en libras, así estableceremos la capacidad requerida para satisfacer la demanda actual del carbón activado. Junto a un análisis del precio que los consumidores están dispuestos a pagar en el mercado.

- Realizar un análisis de Porter para identificar cual es el nivel de la competencia para desarrollar una estrategia de negocio competitiva. Se realizará a través de fuentes primarias y secundarias de información para la demanda nacional y la oferta internacional y nacional
- Elaborar una casa de calidad que establezca los requisitos de Calidad mínimos que debe incorporar el proceso.
- Realizar un análisis FODA para generar posibles estrategias futuras que respondan a estas cuatro preguntas: ¿Cómo utilizar cada estrategia?, ¿Cómo eliminar las debilidades?, ¿Cómo aprovechar las oportunidades? y ¿Cómo defenderse de las amenazas?

## **Objetivo 2 – Diseño del proceso**

El siguiente paso, para evaluar la viabilidad financiera de la implementación del proceso de producción de carbón activado, consiste en la creación del diseño del proceso. Conforme al marco teórico establecido, se ha determinado que el proceso de producción de carbón activado se desarrollará siguiendo el método de activación física. Este enfoque de activación implica un amplio catálogo de maquinarias que interactúan en el sistema, y el diseño del sistema estará derivado a las características y capacidades del horno. A partir del tiempo del horno se proseguirá a realizar una investigación de las demás máquinas seleccionadas para definir tiempos del proceso, tiempos de espera y holguras.

- Establecer la demanda requerida por la empresa y el monto a cubrir por la producción de la línea a partir del estudio de mercado realizado.
- Diseñar el DOP del carbón activado por el método físico que se definió en la teoría ajustándolo a las capacidades y tiempos que se identificaron en las máquinas.
- Realizar un BOM para identificar todos los recursos que están relacionados al proceso de producción.
- Hacer un análisis técnico de las máquinas empleadas para el proceso de producción con capacidad para atender a la demanda estimada del objetivo 1.
- Realizar el balance de líneas para identificar holguras, tiempos de procesamiento y tiempos de espera.

## **Objetivo 3 – Simulación de la instalación**

La tercera fase para evaluar la viabilidad económica de la implementación del proceso de producción de carbón activado implica la realización de una simulación detallada del proceso. Esta etapa no solo brindará la oportunidad de identificar los tiempos de producción y otros aspectos de valor, como los cuellos de botella, sino que también permitirá definir de manera precisa el entorno del sistema. Esto incluirá la delimitación espacial y la disposición estratégica de las maquinarias seleccionadas, proporcionando así un plano en 3D que visualizará de manera efectiva el ambiente de producción propuesto.

- Definir el requerimiento de espacio e instalaciones para las máquinas seleccionadas según el proceso requerido.
- Realizar la simulación del proceso productivo de carbón activado a través de simio para identificar cuellos de botella y capacidad de producción durante un mes con 4 semanas laborales de 44 horas.

## **Objetivo 4 – Factibilidad**

Para la última fase que determinará si el proyecto es rentable es mediante un análisis financiero. En estos análisis financiero se identificará el costo unitario, es decir, por libra, la inversión inicial requerida y la proyección financiera utilizando herramientas esenciales en las finanzas tales como un estado de resultado, y un estado de flujo de efectivo. Además, se llevará a cabo un análisis de valor presente neto, utilizando una tasa de retorno del 25%, así como una evaluación del retorno de la inversión (ROI), ambas realizadas mediante herramientas especializadas en Excel. Estos análisis proporcionarán una visión detallada y cuantitativa de la viabilidad económica del proceso, permitiendo tomar decisiones informadas sobre la implementación del proyecto de producción de carbón activado.

- Determinar el costo unitario de producción.
- Determinar la inversión inicial requerida.
- Realizar una proyección financiera utilizando herramientas básicas de finanzas, como el estado de flujo de efectivo.
- Realizar el análisis de valor presente neto con una tasa de retorno del 25% por medio de Excel.
- Realizar el análisis de ROI por medio de Excel.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Objetivo 1 – Estudio de mercado

**1. Análisis PESTEL**

*Tabla 1 - Análisis PESTEL*

<b>Resumen de los hallazgos principales del PESTEL</b>	
<b>Político</b>	<b>Económico</b>
<p>Guatemala posee un Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el cual tiene regulaciones ambientales para mantener un desarrollo sostenible en la industria.</p> <p>Por parte del Gobierno, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y entidades reguladoras pueden causar un incremento en la comercialización del carbón activado debido a las normativas que obligan a tratar aguas residuales o a cumplir los objetivos de desarrollo sostenible.</p> <p>Las políticas comerciales, como los aranceles sobre la importación de carbón activado o de materias primas necesarias para su producción, pueden afectar el costo y la competitividad del producto en el mercado local e internacional.</p>	<p>En 2022, Guatemala exportó \$1.58 millones en carbón activado, lo que la convirtió en el exportador número 36 de carbón activado en el mundo. Sus principales destinos fueron Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras y Panamá.</p> <p>Guatemala ocupa el puesto 69 en el mundo de los importadores de carbón activado, con un total de \$2.91 millones. Sus principales proveedores fueron Estados Unidos, México, China, Filipinas y los Países Bajos.</p> <p>Los mercados de exportación de más rápido crecimiento para el carbón activado de Guatemala entre 2021 y 2022 fueron Costa Rica, El Salvador y Honduras, donde las políticas comerciales podrían afectar los costos de las exportaciones.</p> <p>Los costos de materia prima, insumos o maquinaria pueden afectar el precio del carbón activado.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Socio – Cultural</b></p> <p>En Guatemala y en el mundo, diferentes segmentos del mercado usan el carbón activado, entre ellos las industrias farmacéutica, cosmética, alimentaria, y para tratamientos de agua, entre otros.</p> <p>El uso del carbón activado en tratamientos de purificación de agua tendrá mayor participación en el mercado. Además, programas de políticas, leyes de agua potable, agencias de protección ambiental y bancos han invertido en la gestión del agua.</p> <p>Normativas y regulaciones ambientales relacionadas con la contaminación del agua podrían impulsar a los principales actores a incrementar el consumo de carbón activado.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Tecnológico</b></p> <p>Se han empleado nuevas tecnologías como un diferenciador en el mercado de carbón activado, ya que eliminan las bacterias y logran prolongar la vida útil del carbón activado.</p> <p>El desarrollo de tecnologías más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en la producción y uso del carbón activado, como procesos de activación más eficientes o la reutilización de subproductos, puede ser un factor clave en la competitividad y la aceptación del producto en el mercado.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ecológico</b></p> <p>La materia prima del carbón activado es fácilmente accesible debido a la diversidad de opciones de materia orgánica y la viabilidad de utilizar materias primas renovables, como la madera, la turba y los residuos agrícolas (cáscaras de frutas, coco, bagazo de azúcar, cáscara de café, cáscara de arroz). Esta disponibilidad asegura un suministro estable y accesible para la industria del carbón activado a nivel mundial.</p> <p>La entidad encargada de la producción de árboles en Guatemala es el Instituto Nacional de Bosques (INAB). A través de este, se ha desarrollado un mejor manejo sostenible en la vinculación Bosques - Industria - Mercado.</p> <p>La capacidad del carbón activado para degradarse de forma natural al final de su vida útil o para ser reciclado puede influir en su aceptación y en la percepción del producto.</p> <p>En el proceso de transformación, se enfrenta un reto muy grande en cuanto a reducir la cantidad</p>	<p style="text-align: center;"><b>Legislativo</b></p> <p>Velar por el cumplimiento de las leyes ambientales en Guatemala, a cargo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.</p> <p>Según el Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Congreso de la República de Guatemala, 1986), se designa al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como la entidad encargada de velar por el cumplimiento de la ley y el desarrollo sostenible. Esta ley busca la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente del país.</p> <p>Según el Acuerdo Gubernativo 137-2016, Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental (MARN, 1986), las empresas que tengan un impacto negativo en el medio ambiente deben contar con procedimientos para la evaluación de dicho impacto ambiental.</p> <p>Cumplir con el Decreto 101-96, Ley Forestal (Congreso de la República de Guatemala,</p>

<p>de gases emitidos, los cuales contribuyen a la contaminación del medio ambiente.</p>	<p>1996), para asegurar que la extracción de la madera sea sostenible y legal.</p> <p>El Acuerdo Gubernativo 236-2006, reglamento sobre las descargas y el reúso de aguas residuales, así como la disposición de desechos (Congreso de la República de Guatemala, 2006), establece un marco regulatorio clave para el tratamiento y purificación de agua, lo que genera una creciente demanda de soluciones como el carbón activado en diversos sectores del mercado.</p> <p>Cumplir con el Decreto 1441, Código de Trabajo (Congreso de la República de Guatemala, 1961), garantizando un entorno de trabajo seguro para los empleados. También debe cumplirse con el Acuerdo Gubernativo 229-2014, que detalla las medidas que la empresa debe tomar para cuidar la salud y seguridad de los trabajadores.</p>
---	--

En la Tabla 1 se presentan los principales hallazgos del análisis PESTEL para el sector del carbón activado en Guatemala. Un denominador común es la estricta regulación por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y organizaciones como el Instituto Nacional de Bosques (INAB). Desde la concepción de la empresa hasta su industrialización y comercialización, es imperativo contar con la aprobación de estas entidades, especialmente dada la relevancia del factor ecológico, donde existe el riesgo potencial de contaminación y peligros para la salud del planeta y de los trabajadores.

De acuerdo con un estudio estadístico disponible en la base de datos del Observatorio de Complejidad Económica (OEC, 2022), la demanda de carbón activado en Guatemala ha ido en aumento, impulsada por su aplicación en mercados relacionados con la purificación de agua y el cumplimiento de regulaciones ambientales. Esto ha posicionado a Guatemala en el puesto 36 como exportador de carbón activado, siendo el producto número 575 en términos de exportación en el país, con destinos principales como Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras y Panamá. Sin embargo, enfrenta competencia de grandes productores como Estados Unidos y China, entre otros países, de quienes ha importado un total de \$2.91 millones.

Entre las desventajas de participar en el mercado de carbón activado se encuentra la necesidad de cumplir con una gran cantidad de leyes y regulaciones. La empresa debe crear procedimientos para minimizar el impacto ambiental y cumplir con normativas que exigen la medición constante para evitar sanciones económicas o el cierre. Además, debe garantizar un entorno de trabajo seguro para sus empleados, conforme a las especificaciones legales sobre salud y seguridad laboral. Por otro lado, los costos de adquisición de maquinaria, especialmente en ausencia de fabricantes locales, generan gastos elevados.

Debido a que el mercado del carbón activado en Guatemala presenta oportunidades prometedoras, la industria enfrenta desafíos importantes, destacando la necesidad de abordar la infraestructura y la adquisición de tecnología como aspectos cruciales para su desarrollo sostenible.

## 2. Análisis cinco fuerzas de PORTER

Tabla 2 - Análisis de las 5 fuerzas de Porter

<b>Resumen de los hallazgos principales de las 5 fuerzas de Porter</b>	
<b>Poder de los clientes</b>	
Análisis: El poder de los compradores es alto	
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<p>La alta demanda y diversidad de aplicaciones ofrecen a la empresa la posibilidad de explorar diferentes segmentos del mercado. La clave está en identificar y satisfacer las necesidades específicas de cada aplicación para maximizar la participación en el mercado.</p> <p>La concentración de clientes puede ser beneficiosa, ya que permite establecer relaciones sólidas y personalizadas con un grupo selecto. La empresa debe centrarse en la calidad, innovación y servicio al cliente para mantener y expandir esta concentración.</p> <p>Debido a las propiedades del carbón activado procedente de leña de encino, su uso es ideal para el tratamiento de aguas residuales y la purificación de agua potable.</p> <p>La baja integración de los clientes abre oportunidades para la empresa, ya que la inversión requerida para ingresar al mercado es alta. Esto sugiere que los clientes buscarán proveedores confiables y especializados.</p>	<p>La desconfianza hacia productos nuevos puede afectar el consumo de carbón activado. La empresa debe enfocarse en estrategias de marketing y ventas para educar a los clientes sobre los beneficios y la calidad de su producto, construyendo así la confianza necesaria en el mercado.</p> <p>Los gustos y preferencias de los consumidores pueden cambiar con el tiempo debido a factores como las tendencias del mercado, la conciencia ambiental o las preferencias culturales.</p> <p>La alta disponibilidad de carbón activado a partir de una gran variedad de materiales orgánicos permite obtener productos con calidades muy semejantes, lo que otorga a los compradores la libertad de escoger entre diferentes opciones.</p>

<b>Nuevos competidores potenciales</b>	
Análisis: La amenaza de nuevos competidores es medio	
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<p>La obtención de materia prima a un costo bajo puede proporcionar una ventaja competitiva en términos de ahorros, lo que podría llevar a precios más competitivos en el mercado.</p> <p>Contar con un proceso de pirólisis ya establecido implica experiencia y conocimientos previos en la transformación de materiales orgánicos, lo que podría agilizar el desarrollo del nuevo proceso de producción de carbón activado.</p> <p>Desarrollar nuevos productos especializados para nichos de mercado específicos, como carbón activado para aplicaciones médicas, purificación de aire o tratamiento de agua, puede ofrecer nuevas oportunidades de ingresos.</p> <p>Entrar en mercados internacionales debido al crecimiento de la demanda de carbón activado ofrece nuevas oportunidades de mercado.</p>	<p>La disponibilidad de tecnología y conocimiento sobre la producción de carbón activado puede reducir las barreras de entrada. Nuevos competidores con acceso a información y tecnología pueden establecerse más fácilmente.</p> <p>Si la inversión inicial para establecer una planta de producción de carbón activado no es extremadamente alta, nuevos rivales pueden ingresar al mercado con relativa facilidad.</p> <p>Nuevos competidores pueden introducir productos con características diferenciadas, como mayor capacidad de adsorción, productos específicos para nichos de mercado o soluciones más sostenibles y ecológicas.</p> <p>La entrada de nuevos competidores con estructuras de costos más bajas, debido a la fácil adquisición de materia orgánica, puede desencadenar una guerra de precios, reduciendo los márgenes de beneficio en toda la industria.</p> <p>Apoyo por parte de entidades que busquen proyectos de desarrollo sostenible.</p>

<b>Rivalidad</b>	
Análisis: La rivalidad es alto	
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<p>Diversificación del producto para abordar diferentes necesidades del mercado, lo que podría generar una ventaja competitiva y atraer a un público más amplio.</p> <p>La capacidad de ofrecer un producto de alta calidad en comparación con la competencia.</p>	<p>La falta de experiencia puede llevar a desafíos en la comprensión del mercado, los estándares de calidad y la captación de clientes.</p> <p>La competencia con proveedores extranjeros que tienen maquinaria más avanzada puede resultar en desafíos de eficiencia y calidad. Se requiere una estrategia para destacar en</p>

<p>Si el mercado está concentrado, existe la posibilidad de identificar nichos específicos o desarrollar estrategias para competir de manera efectiva con los actores dominantes.</p> <p>La capacidad de mantener un nivel de producción constante, ya que cuentan con una productora de árboles que les sirve como proveedor propio.</p>	<p>términos de calidad, precio u otros factores clave.</p> <p>La industria del carbón activado puede tener muchos competidores de diversos tamaños, desde grandes empresas multinacionales hasta pequeños productores locales.</p> <p>Al ser productos con calidades semejantes, puede llevar a una reducción de precios, afectando los márgenes de beneficio.</p>
---	--

<b>Poder de los proveedores</b>	
Análisis: El poder de los proveedores es medio	
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<p>Contar con proveedores directos en la obtención de materia prima permite a la empresa ejercer un alto control sobre su suministro, reduciendo la dependencia externa y posiblemente aumentando su poder de negociación.</p> <p>Mantener entradas constantes de materia prima durante todo el año asegura una producción estable y continua.</p> <p>La falta de interés por parte de los proveedores de maquinaria en integrarse al mercado del carbón activado podría otorgar a la empresa un mayor poder de negociación, ya que estos proveedores no ejercen una presión significativa.</p>	<p>La dependencia de proveedores extranjeros para los hornos puede poner a la empresa en una posición vulnerable, ya que está sujeta a costos adicionales y a la logística internacional. Estrategias de negociación y la búsqueda de fuentes alternativas son clave para contrarrestar esta amenaza.</p> <p>Los proveedores que desarrollan nuevas tecnologías o procesos pueden aumentar sus precios debido a la innovación, lo que afectaría los márgenes de las empresas compradoras.</p> <p>Los retrasos en la adquisición de maquinaria y/o en el mantenimiento pueden causar demoras en la producción. La empresa debe tener estrategias para manejar estos posibles retrasos y diversificar las fuentes de suministro si es necesario.</p>

<b>Productos sustitutos</b>	
Análisis: El poder de los productos sustitutos es alto	
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<p>Mantener los mismos estándares de calidad con materia prima procedente de leña puede destacar en el mercado y hacer que sea fácil de adquirir.</p> <p>La capacidad del carbón activado para combinarse con diversos productos abre oportunidades para aplicaciones y usos variados. Esto puede ampliar el alcance del</p>	<p>La presencia de una amplia variedad de carbón activado procedente de diversas fuentes de materia orgánica que ofrecen propiedades similares puede generar una competencia intensa y saturada en el mercado. La lucha por la atención del consumidor entre múltiples opciones podría representar una amenaza, especialmente si los productos sustitutos</p>

<p>mercado y generar interés en industrias o sectores que buscan soluciones versátiles.</p> <p>La capacidad de adaptar o desarrollar productos específicos que satisfagan las necesidades de segmentos particulares del mercado podría ser una oportunidad valiosa. Identificar nichos de mercado y crear soluciones personalizadas podría generar lealtad del cliente y diferenciación frente a los productos sustitutos.</p>	<p>ofrecen características similares a un precio competitivo.</p> <p>Las políticas de sostenibilidad que favorecen productos sustitutos pueden permitir una entrada más libre de estos en el mercado, afectando la competitividad del carbón activado.</p> <p>La competitividad en términos de costo puede ser una amenaza significativa. Si el costo de los productos sustitutos es más bajo en comparación con el carbón activado, podría afectar negativamente las ventas del carbón activado.</p>
--	---

**1) Poder de los clientes**

El poder de negociación de los compradores se encuentra en un nivel "alto", impulsado por la atractiva diversidad del mercado del carbón activado. La alta demanda y la diversidad de aplicaciones del carbón activado ofrecen a la empresa una excelente oportunidad para explorar y capturar diferentes segmentos del mercado. Identificar y satisfacer las necesidades específicas de cada aplicación, desde la purificación de agua y aire hasta aplicaciones médicas e industriales, es clave para maximizar la participación en el mercado.

Además, la concentración de clientes puede ser beneficiosa, ya que permite a la empresa establecer relaciones sólidas y personalizadas con un grupo selecto. Al centrarse en la calidad, la innovación y un servicio al cliente excepcional, la empresa puede mantener y expandir su base de clientes leales. La baja integración de los clientes en el mercado presenta una ventaja significativa, ya que la alta inversión requerida para ingresar al mercado sugiere que los clientes buscarán proveedores confiables y especializados. Esto crea una oportunidad para que la empresa se posicione como un socio de confianza y preferido, aprovechando su experiencia y capacidad para ofrecer soluciones de alta calidad y adaptadas a las necesidades específicas de cada cliente.

Por otro lado, ingresar a un mercado donde los clientes ya están comprometidos con proveedores existentes puede ser arriesgado. La desconfianza hacia productos nuevos puede afectar negativamente el consumo de carbón activado, disminuyendo las ventas. Además, los clientes tienen la flexibilidad de negociar debido a la gran variedad de opciones disponibles, lo que puede dificultar la competencia en cuanto a precio y lealtad del cliente.

**2) Nuevos competidores**

La entrada de nuevos competidores se considera de nivel "medio". La empresa ya tiene una ventaja competitiva significativa frente a los nuevos entrantes, dado que su modelo de negocio se ha centrado en transformar leña en carbón, asegurando su propia materia prima a bajos costos al ser sus propios proveedores. Además, posee un conocimiento profundo sobre el comportamiento del mercado del carbón activado, lo que le permite desarrollar productos para nichos específicos y potencialmente atractivos. Esta experiencia y capacidad ofrecen una base sólida para mantener su posición en el mercado local y expandirse a mercados internacionales con productos competitivos y bien posicionados.

Sin embargo, la disponibilidad de tecnología y conocimiento sobre la producción de carbón activado puede reducir significativamente las barreras de entrada, permitiendo que nuevos competidores con

acceso a esta información y tecnología se establezcan más fácilmente en el mercado. Si la inversión inicial para establecer una planta de producción de carbón activado no es extremadamente alta, esto facilita aún más la entrada de nuevos rivales. Estos nuevos competidores pueden diferenciarse introduciendo productos con características especiales, como una mayor capacidad de adsorción, productos diseñados para nichos específicos o soluciones más sostenibles y ecológicas. Además, la entrada de competidores con estructuras de costos más bajas puede desencadenar una guerra de precios, lo que reduciría los márgenes de beneficio en toda la industria y aumentaría la presión sobre las empresas establecidas para reducir costos y mejorar su eficiencia operativa.

### **3) Rivalidad**

El nivel de rivalidad se encuentra en un nivel “alto”. La diversificación del producto para abordar diferentes necesidades del mercado podría proporcionar una ventaja competitiva significativa y atraer a un público más amplio. La capacidad de ofrecer un producto de alta calidad en comparación con la competencia también es crucial, ya que puede diferenciar a la empresa en un mercado saturado. Si el mercado está concentrado, existe la oportunidad de identificar nichos específicos o desarrollar estrategias que permitan competir de manera efectiva con los actores dominantes. Además, utilizar la infraestructura y la experiencia en la producción de leña puede facilitar las operaciones, permitiendo a la empresa optimizar costos y mejorar la eficiencia, lo cual es vital para mantener una posición sólida frente a los competidores. Estas ventajas pueden ayudar a la empresa a mitigar la intensidad de la rivalidad en el mercado y consolidar su posición como líder del sector.

No obstante, la falta de experiencia puede conllevar desafíos significativos en la comprensión del mercado, el cumplimiento de los estándares de calidad y la captación de clientes. Además, la competencia con proveedores extranjeros representa un reto considerable. Según el informe de investigación realizado por Fortune Business Insights (2024), los actores principales del mercado de carbón activado están fortaleciendo su posición mediante el desarrollo de diferentes tipos de productos para diversas industrias, como el tratamiento de agua, farmacéuticas, petróleo, gas, y alimentos y bebidas. Entre los principales rivales en el mercado de local de Guatemala sobresalen aquellos que producen o comercializan carbón activado procedente de cascara de coco o bambú. La disposición de tecnología más avanzada por parte de estos actores puede resultar en desafíos relacionados con la eficiencia y el cuidado del medio ambiente. Para superar estos retos, se requiere una estrategia clara que permita destacar en términos de calidad, precio u otros factores clave. La industria del carbón activado está compuesta por numerosos competidores de diversos tamaños, desde grandes empresas multinacionales hasta pequeños productores locales o revendedores, lo que intensifica la competencia. Dado que los productos tienen calidades semejantes, esto puede llevar a una reducción de precios en el mercado, afectando los márgenes de beneficio de las empresas.

### **4) Poder de los proveedores**

El poder de los proveedores es “media”. La empresa presenta una fortaleza estratégica al tener la capacidad de ser su propio proveedor de materia prima, garantizando así la disponibilidad continua de recursos esenciales. Además, se identifica una oportunidad valiosa al explorar la posibilidad de adquirir maquinaria china con pocos años de vida útil, pero con la capacidad necesaria para satisfacer la demanda de la empresa. Esta opción podría representar una solución eficiente y rentable para optimizar los procesos de producción.

Sin embargo, el análisis también revela amenazas potenciales. La diversidad de material vegetal utilizado en el proceso de producción del carbón activado plantea un desafío en términos de gestión y aseguramiento de la calidad, especialmente en comparación con la competencia. Además, la falta de

oferta local de maquinaria con las especificaciones necesarias impulsa a la empresa a explorar proveedores internacionales, lo que introduce complejidades logísticas y posiblemente mayores costos.

Una amenaza crítica se relaciona con los costos excesivamente altos asociados con la importación de maquinaria que cumpla con las capacidades requeridas. Este desafío financiero destaca la necesidad de una cuidadosa planificación y evaluación de costos, así como la búsqueda de estrategias para mitigar los impactos financieros adversos.

### 5) Producto sustituto

La fuerza de los productos sustitutos se considera "alta" debido a la amplia variedad de materias primas que se pueden utilizar para producir carbón activado. Estas materias primas incluyen cáscara de coco, bambú, huesos, leña, residuos de madera, minerales, entre otros. De acuerdo con la investigación de Mordor Intelligence (2024), se esperan mercados más estrechos debido al aumento de los costos del carbón activado, la amenaza de sustitutos como el gel de sílice y el desarrollo de mejores alternativas, que podrían obstaculizar el crecimiento del mercado. La disponibilidad de diversas fuentes para la producción de carbón activado crea una alta competencia en el mercado, ya que todos estos productos pueden satisfacer las mismas necesidades del consumidor.

La presencia de numerosos productos sustitutos en el mercado ejerce presión sobre los precios de venta, lo que representa un desafío competitivo significativo. Además, el desarrollo de procesos de producción más sostenibles podría ser una ventaja importante. Estos procesos no solo reducirían los costos asociados con la regulación, sino que también facilitarían la entrada y permanencia en el mercado al cumplir de manera más eficiente con normas ambientales más estrictas. Por lo tanto, la adopción de tecnologías y métodos de producción más ecológicos podría ofrecer una ventaja competitiva importante en el mercado del carbón activado.

## 3. Casa de la calidad

Tabla 3 - Análisis de la casa de calidad

Peso Relativo	Importancia para el cliente	Requerimientos del cliente	Requerimiento técnicos									
			Como						Competencia			
			Bajo contenido de humedad	Alta área superficial	Tamaño de poros macros	pH neutral	Tamaño de malla 80 - 100	Materia prima vegetal	Bajo contenido de cenizas	Competidor 1 - Artificial	Competidor 2 - Cascara de cc	Competidor 3 - Bambú
15%	10	Alta capacidad de adsorción	○	●	●	○	▽		●	●	●	●
15%	10	Purificación	○	●	●	▽	▽		●	●	●	●
12%	8	Polvo fino		●	●		●			○	○	○
10%	7	Durabilidad	●	○	○	▽	▽	○	○	▽	●	●
12%	8	Procedencia vegetal		○	○			●		●	●	●
13%	9	Cumplimiento con normas y seguridad	○	○	○	●	○		▽	●	●	●
12%	8	Sostenibilidad ambiental	○	○	○	▽	○	○	●	●	●	●
10%	7	Precio						●		▽	●	●
<b>Suma de importancia</b>			260	519	519	203	224	269	421	661.2	828.4	828.4
<b>Peso relativo</b>			11%	22%	22%	8%	9%	11%	17%	27%	34%	34%

Relación	Peso
Fuerte	● 9
Medio	○ 3
Débil	▽ 1

Para analizar la casa de calidad, se realizó un estudio de mercado que incluyó un análisis detallado de la competencia y la identificación de sus propiedades y usos principales mediante fichas técnicas. Se investigaron aproximadamente 15 empresas productoras y de comercialización, lo que permitió identificar sus principales requerimientos. Este enfoque proporcionó una comprensión clara de las expectativas y necesidades de los clientes en relación con el producto propuesto.

En la Tabla 3 se presenta una matriz detallada de la casa de calidad. Los principales factores de importancia para el cliente son la alta capacidad de adsorción y la eficacia en la purificación. Los requerimientos técnicos que tienen mayor peso son el área superficial alta y el tamaño de los poros macro. Una alta área superficial proporciona más sitios para la adsorción de impurezas, mientras que el tamaño de los poros macro influye en la capacidad de las moléculas contaminantes para acceder a esos sitios. Otro requerimiento técnico importante es el bajo contenido de cenizas, lo cual tiene un impacto alto en la sostenibilidad ambiental y contribuye positivamente al medio ambiente.

En la comparación con la competencia, el carbón activado artificial se posiciona como el competidor más débil. Esto se debe a que su oferta se basa en partículas granuladas con una durabilidad significativamente inferior, careciendo de la capacidad de regeneración presente en los productos de origen orgánico y a su precio. Es importante destacar que el carbón activado derivado de la cáscara de coco y del bambú son los principales rivales, ya que comparten propiedades similares con nuestro producto y son considerados competidores directos en el mercado.

#### 4. FODA

*Tabla 4 - Análisis de FODA*

<b>Análisis FODA</b>	
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<p>La empresa, con su propia producción de leña, les permite manejar mejor sus recursos, y producir mismas cantidades constantes de carbón activado con costos más bajos. Con la seguridad de poder vender el 100% de la producción y la posibilidad de introducirse en mercados internacionales.</p> <p>La diversidad de aplicaciones del carbón activado, abarcando diversos mercados, se presenta como una fortaleza para su comercialización.</p> <p>Las propiedades del carbón activado producido a partir de leña de encino lo hacen especialmente adecuado para tratamientos de líquidos debido a su alta calidad. Esta calidad se debe a la densidad y estructura porosa del encino, que proporciona una mayor capacidad de adsorción, permitiendo una eliminación más efectiva de impurezas y contaminantes.</p>	<p>Nuevas políticas o normativas que eviten la producción del carbón activado por la contaminación que suelta en el proceso, incluso restricciones en cuanto a la tala de árboles.</p> <p>La existencia de productos sustitutos que tengan mejores propiedades, los cuales tengan más libertad en el mercado debido a la baja regulación legal que tengan.</p> <p>El clima puede ser una barrera para la cosecha de nuevas plantaciones, incluso la probabilidad de existir incendios forestales</p> <p>La alta presencia de productoras extranjeras en el mercado nacional.</p>

Fortalezas	Debilidades
<p>Modelo de negocio enfocado en la mejora continua.</p> <p>Capacidad de producir carbón activado manteniendo alta calidad que se exige en el mercado a precios más bajos.</p> <p>Capacidad constante de producir los mismos volúmenes de producción mensualmente, ya que son sus propios proveedores.</p>	<p>Requerimientos extras para mitigar el impacto ambiental que se tiene en el proceso de producción de carbón activado.</p> <p>Evaluaciones constantes para medir la mitigación del impacto ambiental.</p> <p>Velar por la seguridad del operador debido a los gases tóxicos que suelta el proceso de carbón activado.</p>

**Fortalezas.** Entre las fortalezas destacadas, sobresale el enfoque en la mejora continua que caracteriza el modelo de negocio de la empresa. Aunque su producción principal es el carbón vegetal, la organización busca constantemente agregar valor a sus productos, generando así mayores beneficios económicos. La capacidad de gestionar su propia plantación de árboles representa una ventaja significativa. Este control directo sobre los recursos permite a la empresa mantener una producción consistente de carbón activado, asegurando altos estándares de calidad en cada lote. Esta combinación de enfoque estratégico y gestión eficiente de recursos constituye una fortaleza clave para la empresa en el competitivo mercado del carbón activado.

**Debilidades.** Entre las debilidades identificadas, se destaca la regulación estricta del impacto ambiental por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, así como de entidades como el Instituto Nacional de Bosques (INAB), según se señaló en el análisis PESTEL. Aunque este producto contribuye al desarrollo sostenible del planeta, también representa una fuente de contaminación en el medio ambiente. Durante la transformación a carbón activado, se emiten gases perjudiciales para el medio ambiente, lo que constituye una vulnerabilidad ambiental y contribuye al calentamiento global, además de poner en riesgo la seguridad del trabajador. Una debilidad adicional radica en la falta de un proceso diseñado para captar y transformar estos gases en energía, lo que podría mejorar la sostenibilidad de las operaciones.

El modelo de negocio debe centrarse en minimizar los impactos negativos al medio ambiente, cumpliendo con las leyes y regulaciones ambientales vigentes. Una posible solución es diseñar e integrar un sistema de captura de gases emitidos durante la producción de carbón activado. Este sistema no solo reduciría las emisiones contaminantes, sino que también permitiría reutilizar los gases como fuente de energía dentro del propio proceso. Además, la inversión en tecnología avanzada, como hornos de bajas emisiones, contribuiría a reducir los riesgos para los colaboradores, promoviendo un entorno de trabajo más seguro y sostenible.

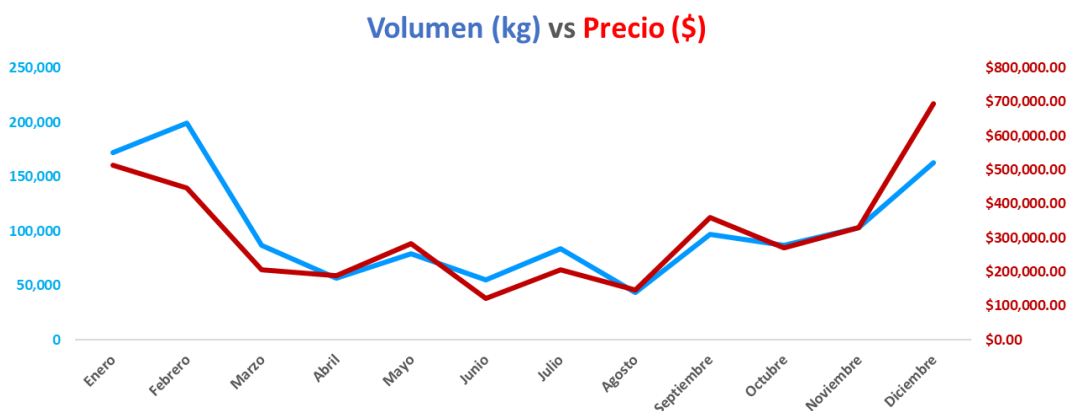
**Oportunidades.** A través del enfoque de Porter, se ha identificado un conjunto de oportunidades estratégicas para el carbón activado. La diversidad de segmentos en el mercado presenta un escenario propicio para la expansión, con expectativas de continuo aumento en la aplicación de carbón activado. Particularmente, el uso creciente en tratamientos de purificación de agua ha ganado terreno, respaldado por el apoyo gubernamental y programas ambientales, creando así un nicho de mercado potencial. La posibilidad de incursionar en sectores ya establecidos, como productos farmacéuticos, cosméticos o purificación de aire, ofrece perspectivas de crecimiento sostenido, dado el constante aumento en la demanda de estos productos. Además, la oportunidad de ampliar la cartera de clientes y penetrar en

mercados internacionales destaca como una opción estratégica para aprovechar el alcance global y diversificar las fuentes de ingresos.

**Amenazas.** La regulación ambiental y las emisiones de gases durante la producción representan desafíos críticos, al igual que la competencia de productos sustitutos que podría afectar la demanda y la rentabilidad. La empresa enfrenta estos desafíos mediante enfoques sostenibles, innovación continua y estrategias para mantener su posición frente a competidores y productos alternativos en el dinámico mercado del carbón activado. Además, es fundamental estar alerta ante posibles nuevas normativas, especialmente en relación con la transformación de árboles, ya que los movimientos ambientales han tenido un gran impacto en la sociedad. Por último, se deben considerar las altas temperaturas en Jalapa, que podrían ocasionar incendios en extensas áreas de bosques y desarrollar planes de acción para hacer frente a estas situaciones inciertas.

## 5. Análisis de la demanda y el precio

Figura 1 - Demanda de importaciones



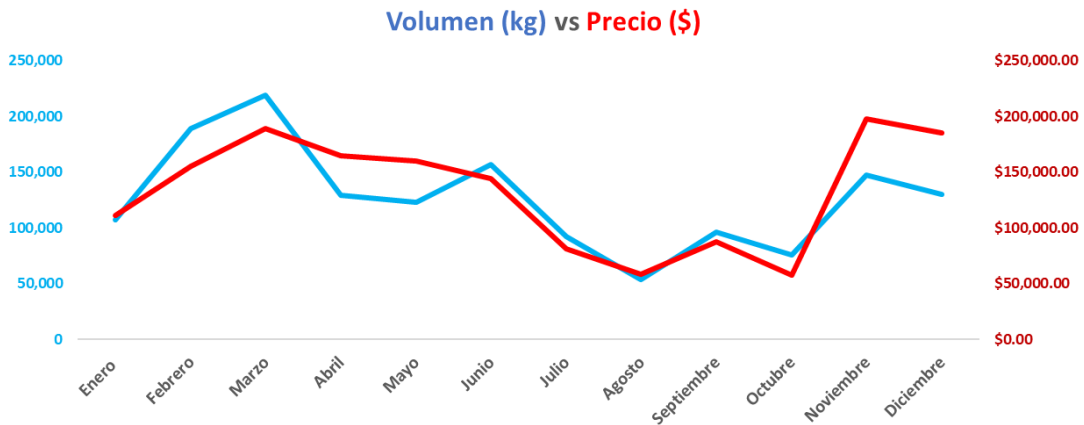
Para determinar la demanda de carbón activado, se utilizaron datos del Informe Anual del Banco de Guatemala correspondiente al período 2022. Este documento fue extraído de la página oficial de Registro del Comercio General del Banco de Guatemala. El informe ofrece una visión detallada del comportamiento de las importaciones y exportaciones, incluyendo estadísticas sobre volúmenes, costos, y los principales países proveedores, agrupados por códigos de partida del producto (Banco de Guatemala, 2022).

En términos de volumen, se observa una tendencia estable a lo largo de los meses, con picos de mayor importación al inicio del año. Las fluctuaciones en los precios destacan una relación significativa entre el volumen importado y el precio, mostrando que una disminución en el volumen importado tiende a aumentar el precio del carbón activado. En el período 2022, se importaron un total de 1,226,574 kilogramos de carbón activado, con un valor total de \$3,771,804. Cabe destacar que el precio promedio por kilogramo de carbón activado de importaciones en el período 2022 es de \$3.07, lo que equivale a \$1.39 por libra. Esto proporciona una métrica clave para evaluar la relación precio-beneficio de las importaciones de carbón activado en el mercado guatemalteco. Con un tipo de cambio de \$1 es igual a Q7.8, el precio promedio por libra quetzales se establece en Q10.84. En comparación, el precio de venta

determinado es de Q9.21, lo que representa una reducción del 15% respecto al precio de las importaciones. Esta reducción ofrece un incentivo atractivo para los clientes, destacando la competitividad del producto en el mercado.

Al analizar los registros de la Figura 13 de anexos de importación proporcionados por el Banco de Guatemala en el período 2020-2022, se observa un notable aumento en la demanda de carbón activado. Este incremento representa un aumento del 138% en comparación con los datos del año 2020 - 2022. Evidenciando que el uso del carbón activado en Guatemala ha tenido una mayor demanda.

Figura 2 - *Demanda de exportaciones*



Con respecto a la Figura 2, que presenta datos del Banco de Guatemala para el período 2022, se observa que las exportaciones de carbón activado alcanzaron niveles elevados en el primer trimestre del año, seguidas de una tendencia decreciente en los trimestres posteriores, con un incremento hacia finales de año. La relación entre volumen y precio muestra que, a mayor volumen de exportación, el precio tiende a ser más bajo y, viceversa, el precio tiende a aumentar. El precio promedio por kilogramo de las exportaciones es de \$1,05, lo que evidencia una relación casi directa entre volumen y precio. Comparado con el precio de importación, que es un 66% más alto, esta información destaca el costo significativamente mayor de importar carbón activado a Guatemala.

## Objetivo 2 – Diseño del proceso

### 1. Diseño del proceso de producción

El proceso de activación del carbón se realizará utilizando el método físico, dado que este método ofrece mejores propiedades en el producto final y no requiere el uso de agentes químicos o tratamientos adicionales que podrían incrementar los costos. Según la investigación de Carlos Grajeda, publicada en 2013 en su trabajo titulado ‘Producción de carbón activado a partir de madera de pino y encino’, disponible en el sistema de biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala, el proceso de activación física proporciona un producto con las propiedades deseadas por los clientes, tal como se detalla en la sección de investigación del mercado en los anexos de esta publicación (Grajeda, 2013).

Inicia con el ingreso de la tarea de leña. Este se almacena en un espacio que se mantiene a temperatura ambiente y sin humedad, para luego cortar la leña a pedazos más pequeños. Con esta etapa del proceso se planea obtener una carbonización más uniforme y aumentar la superficie total del material. Para este proceso, es necesario utilizar una sierra eléctrica por su simplicidad y facilidad de manejo, lo que permite al operario ser más productivo.

Después, los pedazos de leña deben pasar por un proceso de molido para obtener partículas más pequeñas, lo que incrementa la superficie del material y genera más sitios de adsorción. Con esto se garantizará que todas las partículas de leña se carbonicen y se activen de forma más eficiente, facilitando así la eliminación de impurezas.

Luego, el material es llevado al área de carbonización. Para iniciar el proceso de descomposición y eliminación del contenido de humedad, el horno debe mantener temperaturas de alrededor de 500 °C a 800 °C, restringiendo la entrada de aire para evitar que se consuma el material. En esta etapa, la leña se transforma en carbón, obteniendo una porosidad inicial. Para el proceso de activación, se puede utilizar el mismo horno, aunque es necesario adaptar una caldera de vapor. A través de la caldera y el aumento de la temperatura entre 800 °C y 1200 °C, se obtiene carbón activado. Durante ambos procesos se usará gas natural. Para retirar el carbón activado, se debe dejar reposar a 100 °C durante 3,5 horas y luego enfriar a temperatura ambiente durante 16 horas. Además, por seguridad, es necesario esperar hasta que el fuego se consuma completamente, ya que durante el proceso la leña libera gases que, en combinación con el humo caliente, forman una mezcla altamente inflamable al contacto con el oxígeno.

Después de que el carbón activado se ha enfriado, se requiere un proceso adicional de molienda para ajustar el tamaño de las partículas según las especificaciones del producto final, que es un polvo fino. Este paso es crucial para facilitar el siguiente proceso de tamizado, donde se utilizará una malla N° 100 para clasificar y obtener un polvo fino y homogéneo.

El objetivo principal del tamizado es asegurar que el carbón activado cumpla con los requisitos de tamaño de partícula establecidos. Este proceso garantiza la homogeneidad del producto final y su adecuación a las necesidades específicas del cliente o aplicación. Al finalizar la etapa de tamizado, se llevará a cabo una revisión de calidad. Durante esta revisión, se tomará una muestra representativa del carbón activado para realizar pruebas de calidad y asegurarse de que cumpla con todas las especificaciones requeridas.

Este enfoque asegura que el carbón activado producido sea consistente en términos de tamaño de partícula y calidad requerida, garantizando su eficacia en diversas aplicaciones, desde el tratamiento de agua hasta la purificación de gases y productos químicos.

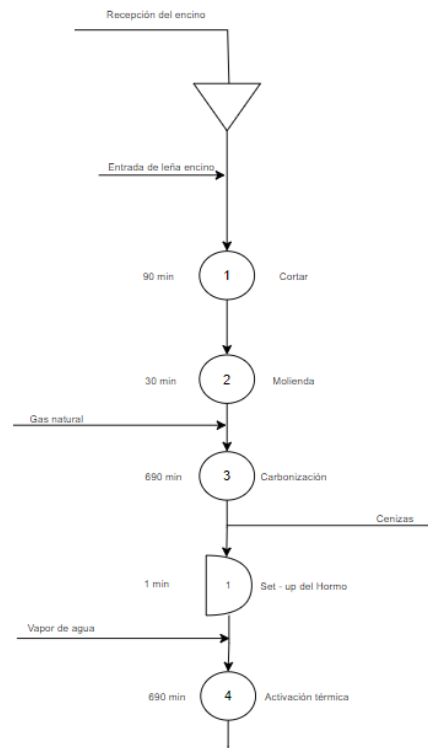
Para el proceso de empaquetado, se pretende que la línea esté ubicada en la misma instalación para agilizar el proceso. Se utilizarán bolsas de polietileno con capacidad para cinco libras y etiquetas con la información del producto. El proceso comienza con el traslado del carbón activado desde el área de

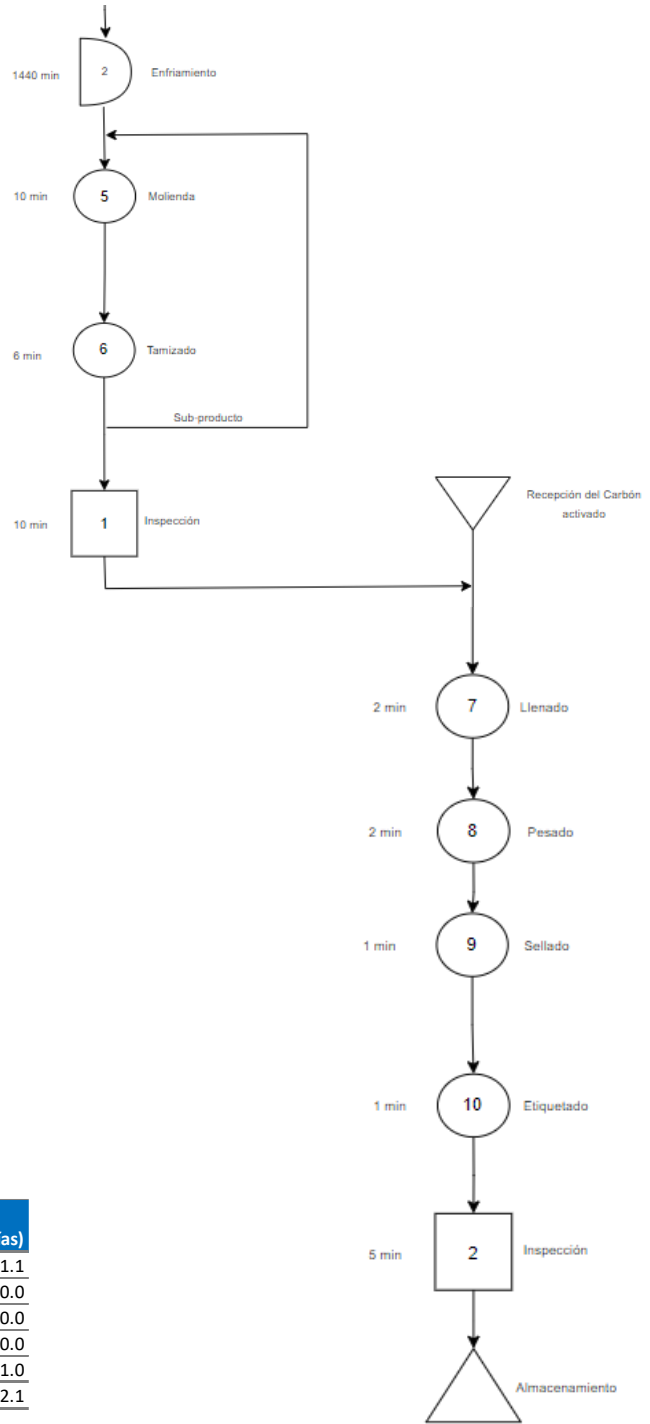
almacenamiento al área de empaquetado mediante una carretilla. En esta área, un operario llenará manualmente las bolsas, que luego serán pesadas y selladas con una máquina de calor. Posteriormente, el operario colocará una etiqueta en una cara de cada bolsa, dejándola lista para su almacenamiento. Finalmente, un encargado de calidad verificará el producto final.

## 2. Diagrama de operaciones del proceso

*Diagrama 1 - Diagrama de operaciones de proceso*

Diagrama de proceso de la operación: Proceso de transformación de leña a carbón activado  
Carbón activado - Método físico  
Método actual  
Fecha de elaboración: Guatemala, 2023  
Elaborado por: Daniel Barco  
Desde la recepción de la leña de encino hasta el almacenamiento del carbón activo





Resumen			
Actividad	Cantidad	Operación (min)	Operación (días)
Operaciones	10	1522	1.1
Inspecciones	2	15	0.0
Decisiones	0	0	0.0
Trasportación	1	3	0.0
Esperas	2	1441	1.0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>2981</b>	<b>2.1</b>

El proceso de producción de carbón activado se diseñó cuidadosamente utilizando el método físico de activación, omitiendo agentes químicos adicionales y otros tratamientos costosos. Este proceso garantiza un producto con la calidad deseada para los clientes. En cuanto a las etapas específicas del proceso, la uniformidad en la carbonización se ha mejorado mediante el corte de la leña en pedazos más pequeños, facilitado eficientemente por el uso de sierras eléctricas. El proceso de molido posterior ha incrementado la superficie del material, generando más sitios de adsorción y mejorando la eficiencia en la eliminación de impurezas durante la carbonización y activación.

La etapa de carbonización, con un tiempo de 690 minutos y realizada en un horno con temperaturas controladas entre 500°C y 800°C, es fundamental para la transformación de la leña en carbón, logrando así una porosidad inicial esencial para las propiedades finales del producto. Durante esta fase, se restringe la entrada de aire para evitar el consumo del material y favorecer la descomposición y eliminación del contenido de humedad. Posteriormente, utilizando el mismo horno, se activa el carbón mediante la entrada de vapor de agua, lo cual es crucial para obtener un producto de calidad, ya que aumenta significativamente la porosidad, el área superficial y mejora las propiedades adsorbentes.

En la fase de molienda y tamizado, se alcanzan las características físicas deseadas por el cliente. La molienda se encarga de obtener un material más uniforme, mientras que el tamizado garantiza, a través de la malla, un polvo fino de las partículas, eliminando las más grandes o las impurezas residuales que puedan quedar tras el proceso de activación. Estos pasos adicionales perfeccionan la textura del producto y aseguran la consistencia y pureza necesarias para cumplir con las especificaciones exigidas por diversas aplicaciones.

Finalmente, en la fase de empaquetado del carbón activado, se implementa un proceso manual para garantizar la presentación óptima y la preservación de sus propiedades. La línea de empaquetado está diseñada para agilizar la operación, ubicada estratégicamente en la misma instalación para minimizar tiempos y maximizar la eficiencia. El uso de bolsas de polietileno se basa en su eficacia y en prácticas comunes de la industria. Es crucial destacar que el éxito de esta elección depende significativamente de las condiciones de almacenamiento. Se enfatiza la importancia de evitar entornos húmedos, ya que la presencia de humedad puede afectar negativamente las propiedades del producto. Asimismo, se recomienda un almacenamiento en lugares libres de luz solar directa, ya que la exposición a esta puede influir en las propiedades del carbón activado. Controlar la temperatura es esencial, procurando ambientes frescos y secos para prevenir cambios no deseados.

### 3. Lista de materiales (BOM)

Tabla 5 - Lista de materiales (BOM)

Lista de materiales (BOM)						
Fabricación de carbón activado						
Elaborado por: Daniel Barco						
Guatemala, 2023						
BOM				Producción Ideal Mensual		3,739.00
Etapa	Entrada	Componente	Cantidad (semanal)	Variable	Cantidad (unidades)	Total
Corte	Madera	Madera	24,673.25	lb	6.60	24,669
Molienda	Madera	Madera	24,673.25	lb	6.60	24,669
Carbonización	Madera	Madera	24,673.25	lb	6.60	24,669
Carbonización	Madera	Gas natural	35.01	m3/semanal	0.047	1,155
Activación	Carbón Vegetal	Vapor agua	23.08	m3/semanal	0.031	97
Activación	Carbón Vegetal	Gas natural	35.01	m3/semanal	0.047	1,155
Activación	Carbón Vegetal	Carbón Vegetal	18,698.0	lb	5.000	18,695
Llenado	Carbón Activado	Carbón Activado	18,698.0	lb	5.00	18,695
Llenado	Carbón Activado	Bolsas	3,739.61	unidades	1.0	3,739
Pesado	Carbón Activado	Bolsa de CA 5 lb	3,739.61	unidades	1.0	3,739
Sellado	Carbón Activado	Bolsa de CA 5 lb	3,739.61	unidades	1.0	3,739
Etiquetado	Carbón Activado	Bolsa de CA 5 lb	3,739.61	unidades	1.0	3,739
Etiquetado	Carbón Activado	Etiqueta	3,739.61	unidades	1.0	3,739

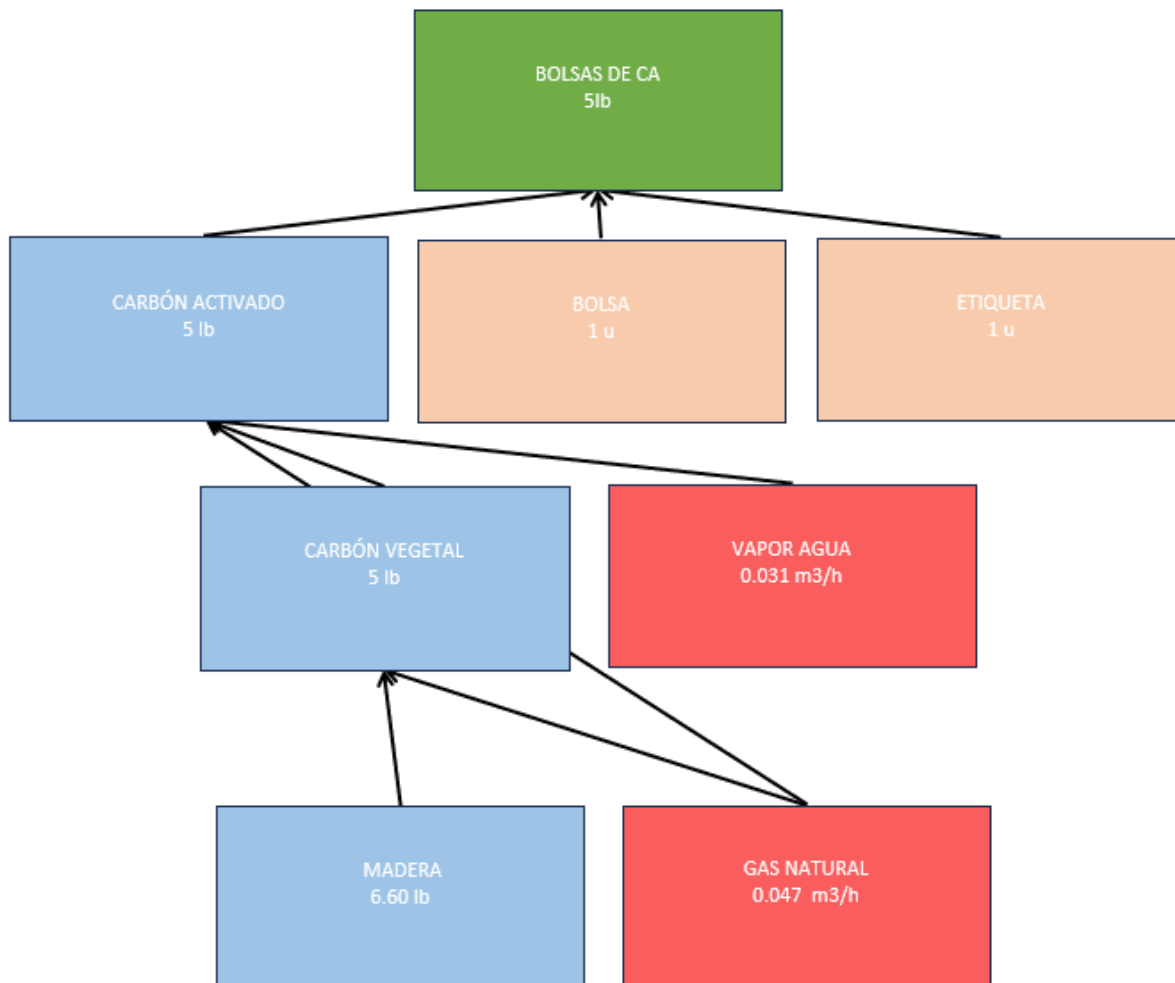
A partir de la Tabla 5, se detalla cada fase del proceso junto con la entrada de materia prima semanal requerida para las etapas principales que se centran en la transformación a carbón activado. En la etapa de carbonización, la madera se introduce en el horno y, mediante la exposición a altas temperaturas, se convierte en carbón vegetal utilizando gas natural como agente activador. Posteriormente, en la etapa de activación, el carbón vegetal se transforma en carbón activado a través de la exposición a vapores de agua y a altas temperaturas generadas por el gas natural. Este proceso culmina en la obtención del producto final, quedando pendiente únicamente el empaquetado.

Para cada etapa, se detalla la cantidad de materia prima semanal que se requiere de entrada. Al inicio del proceso de producción, se cuentan con 24,670 libras de madera, lo que equivale a 4.7 batches de leña de entrada de suministro por semana. Esta madera pasa por el proceso de carbonización, donde se requiere 35 m<sup>3</sup>/semana de gas natural para transformar las 24,670 libras de madera en 18,698 libras de carbón vegetal. Posteriormente, en la etapa de activación, se necesitan 23 m<sup>3</sup>/semana de vapor de agua para provocar la reacción química y obtener el carbón activado.

En la etapa de empaquetado, distribuida en presentaciones de 5 libras, se calculó que se necesitan alrededor de 3,739 bolsas de 5 libras para empaquetar las 18,698 libras de carbón activado a la semana.

Asimismo, se requieren 3,739 etiquetas para cada bolsa de empaque. El siguiente diagrama enlistará los materiales necesarios para producir una unidad de 5 libras de carbón activado.

Diagrama 2- Lista de materiales (BOM)



Para una bolsa de 5 lb de carbón activado se necesita:

- Leña de pino – 6.60 lb
- Gas natural – 0.047 m3/h
- Carbón vegetal – 5.00 lb
- Vapor de agua – 0.031 m3/h
- Carbón activado – 5.00 lb
- Bolsa – 1 unidad
- Etiqueta – 1 unidad
- Bolsa de carbón activado de 5 lb

## 4. Requerimiento maquinaria

A partir de nuestro análisis experimental, determinamos que la materia prima contiene 17% de humedad, quedando en la etapa de carbonización el 83% de masa. Sabiendo que mensualmente se tiene una entrada de 40,000 libras de leña, se obtiene que la cantidad de producción de carbón activado al mes es de 33,200.00 libras.

La planta estará en funcionamiento tres días para la etapa de carbonización y dos días para la etapa de activación, teniendo un ciclo total de 5 días. En el año se tendrán 45 ciclos.

Los supuestos son:

- Las jornadas laborales son de 44 horas a la semana descontando la hora de almuerzo. Laborando así de los 365 días del año un total de 242 días restando los días que son vacaciones y reparaciones o mantenimientos de la planta.
- De los días en donde la planta está en funcionamiento y considerando los días de ciclo para la carbonización se usarán 145 días y para la activación 97 días.

La capacidad del horno se puede definir a partir de la materia prima a carbonizar y la cantidad de días necesarios.

$$Capacidad_{horno} = \frac{480,000 \text{ libras}}{145 \text{ dias}} \cong 3,310.34 \frac{\text{libras}}{\text{dias}} \cong 137.93 \frac{\text{libras}}{\text{horas}}$$

Por lo tanto, el horno tendrá una capacidad aproximada de 137 lb/h de materia prima. Desde este dato se calculan los días reales necesarios para la etapa de carbonización.

$$Dias_{carbonización} = \frac{480,000 \text{ libras}}{135 \frac{\text{libras}}{\text{horas}} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{días}}} \cong 145 \text{ dias}$$

Sabiendo cuanto de porcentaje de humedad se le extrae a la leña y cuanta masa pierde en el proceso de carbonización se puede determinar la cantidad de materia prima carbonizada que luego será activada.

$$Carbón_{vegetal} = 480,000 \frac{\text{libras}}{\text{ciclos}} * (1 - 0.17) = 398,400.00 \text{ lb}$$

Esta cantidad se debe de producir en 97 días. Calculando la capacidad del horno para la etapa de activación. Mencionado así que es el mismo horno para las dos etapas.

$$\text{Carbón}_{\text{Activado}} = \frac{398,400.00 \frac{\text{lb}}{\text{ciclo}}}{97 \frac{\text{dia}}{\text{ciclo}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ días}}} \cong 170.00 \frac{\text{lb}}{\text{horas}}$$

Con base a los datos obtenidos, se concluye que la determinación de la capacidad del horno debe basarse en la etapa de activación. Contando con menor días de operación, se ha demostrado numéricamente que esta etapa procesa una mayor cantidad de libras por hora, para poder transformar los 398,400.00 libras de carbón activado en el año.

Es relevante señalar que, para evaluar de manera integral la capacidad del horno, es esencial considerar otros factores, como la eficiencia global del proceso y la capacidad de la etapa de carbonización. Aunque la etapa de activación pueda destacar en eficiencia por hora, la capacidad equilibrada de la etapa de carbonización también desempeña un papel crucial para mantener un flujo de producción constante.

Además, se debe garantizar que la capacidad calculada en la etapa de activación sea suficiente para satisfacer la demanda total del proceso. La optimización de la capacidad debe equilibrarse con los requisitos globales del sistema.

Según fuentes investigadas, independientemente el tipo de horno utilizado para determinar la cantidad de gas natural utilizado se debe calcular la cantidad de leña que se transformará a carbón activado. Ya que se requiere transformar en el mes 40,000 libras de leña a carbón activado con una pérdida del 17 % de humedad y una eficiencia del horno al 60 %, se determinó la cantidad de leña que se convierte a carbón activado.

$$\text{Leña efectiva} = 40,000 * (1 - 0.17) * 60\% = 19,920 \text{ libras}$$

Para calcular la cantidad de energía necesaria para la transformación, se utiliza el poder calorífico del gas natural, 20000 BTU por libra. Este valor se multiplica por la cantidad de leña efectiva utilizada en el proceso. Así, se obtiene la cantidad total de BTU requeridos para transformar de manera eficiente.

$$\text{Energía de Leña efectiva} = 19,920 \text{ libras} * 20,000 \frac{\text{BTU}}{\text{libras}} = 398,400,000.00 \text{ BT}$$

A partir de esto se puede calcular la cantidad de gas natural requerido para el proceso de 40,000 libras de leña.

$$\text{Gas natural} = \frac{398400000.00 \text{ BTU}}{20,000 \frac{\text{BTU}}{\text{libras}} * 60\%} = 33,200.00 \text{ libras de gas natural}$$

A partir del ingreso de las 137 libras por hora con el mismo porcentaje de pérdida de humedad se determinó la cantidad de leña que se transforma a carbón cada hora:

$$\text{Carbón} = 137 \frac{\text{libras}}{\text{horas}} * (1 - 0.17) = 113.71 \frac{\text{libras}}{\text{horas}}$$

Para determinar el flujo de combustible se relaciona la proporción de carbón con la de gas natural por la cantidad de libras de leña que entrará en el sistema. Dado la capacidad mensual de 33,200 libras de gas, se obtuvo el siguiente resultado:

$$\text{Flujo de combustible} = \frac{113.71 \frac{\text{libras}}{\text{horas}}}{33,200 \text{ libras combustible}} * 137 \frac{\text{libras}}{\text{horas}} = 0.47 \frac{\text{libras}}{\text{horas}}$$

Por lo tanto, para transformar 137 libras de leña por hora en carbón activado, con una eficiencia del horno del 60% y con un porcentaje de eliminación de humedad en la leña del 17%, necesitarás aproximadamente 0.47 libras de combustible por hora.

Para el cálculo del flujo de agua se basó en una relación a uno entre el ingreso de los 137 libras por hora y la cantidad de vapor. Asumiendo un calor específico del vapor de 2 KJ/kgC. Mediante la siguiente formula  $Q = m * h$

Donde:

- m es el flujo de agua
- h el calor específico del vapor
- Q es la potencia del vapor

$$m = \frac{Q}{h} = \frac{137 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 2 \frac{\text{KJ}}{\text{kgC}}}{2 \frac{\text{KJ}}{\text{kgC}}} = 137 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

## Diseño del horno

En el proceso del diseño de la maquinaria, el primer paso es la determinación precisa del contenido de agua presente en la leña. En los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala, recolectando aleatoriamente la muestra de leña se experimentó para medir el porcentaje de humedad de un pedazo de leña, se estableció que la leña contiene un 25 % de agua de la cual se debe eliminar un 17% para obtener las características específicas requeridas en el proceso de transformación.

Esta información sobre el contenido de agua en la leña es fundamental, ya que impactará directamente en el diseño y la capacidad del horno a utilizar. La eliminación controlada del agua es un

factor clave para lograr el proceso de pirolisis y activación con éxito, ya que el agua influye significativamente en la eficiencia y el resultado final del producto.

*Tabla 6 - Especificaciones del horno*

<b>Calculo del horno</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Experimental</b>	<b>Diseño de proceso</b>
Target de % de humedad		8%
% de humedad inicial		25%
% de humedad a eliminar		17%
<b>Propiedades de la leña - equipo</b>		
Densidad madera (Kg/m3)		450.00
Volumen del horno (m3)		11.87
Masa de agua a evaporar (Kg)	0.0003419	454.10
Masa de madera restante (Kg)		2,217
Cambio en temperatura (°C)	89	779
Capacidad calorífica madera J/(Kg x °C)	2300	2,300
Capacidad calorífica agua J/(Kg x °C)	4200	4,200
Q (en Joules)	127.80	5,458,033,861.01
Tiempo (horas)	0.33	11.50
Potencia del horno (J/h)	383.39	474,750,000.00
Potencia del horno (Btu/h)	0.36	
<b>Producción del horno</b>		
Capacidad horno (Btu/h)	400,000.00	450,000.00
Tamaño del batch (kg)		2,671.16
Tiempo de procesamiento (horas)		11.50
Capacidad del horno (semana)		3.5
Eficiencia de capacidad		90%
Capacidad horno carbón activado (libras por semana)		18,440.03
Ocupación del horno ( % utilización)		45%

Como se puede observar en el detalle de los cálculos del horno. El horno seleccionado puede producir 18,440 libras de carbón activado a la semana con una eficiencia de capacidad del 90%. Lo que significa que con estas capacidades y medidas del horno durante el mes se puede tener una ocupación del horno del 45% siendo capaz de procesar toda la materia prima.

Los resultados del cálculo del horno demuestran que si cumple con la capacidad prevista que se quiere tener de producción mensualmente y la calidad. La temperatura interna del horno se mantiene dentro del rango para realizar una carbonización efectiva y lograr una distribución uniforme del calor, garantizando una transformación homogénea de la leña y así obtener un producto con los estándares de calidad deseados.

Tabla 7 - Comparación diseño del horno

Comparativa requerimientos		
Variable	Requerimiento	Diseño horno
Capacidad horno (lb/hr)	137.93	275.54
<b>Días carbonización (días)</b>	145.00	145.00
Carbón vegetal (lb)	398,400.00	740,772.72
<b>Capacidad horno activado(lb/hr)</b>	171.49	318.86
<b>Días activación ( días)</b>	97.00	96.80

Según la Tabla 7 comparativa entre los requerimientos que debe tener el horno para transformar 480,000 libras de leña en el año y el diseño de sus características, podemos concluir que la capacidad inicial del horno seleccionado cumple con los requisitos establecidos para procesar la cantidad mencionada de leña, incluso supera estas expectativas con el horno seleccionado.

Este resultado positivo implica que, bajo las condiciones y características propuestas en el diseño del horno, no solo se logra satisfacer la demanda proyectada de carbón activado, sino que se presenta la posibilidad de alcanzar una producción aún mayor de carbón vegetal. La capacidad del horno es un activo clave, ya que, en el mismo período, se podría obtener una cantidad significativamente mayor de carbón activado que las expectativas iniciales.

No obstante, es crucial tener en cuenta que, aunque la capacidad del horno es favorable, el proceso global puede estar sujeto a limitaciones de otras etapas, especialmente considerando que las materias primas son limitadas. En este contexto, la implementación de un balanceo de líneas se convierte en una estrategia esencial para optimizar el rendimiento general del proceso. Con esto buscaremos delimitar los cuellos de botella y optimizar la eficiencia en cada etapa del proceso, identificar las etapas críticas y asegurar un flujo de trabajo equilibrado.

La pieza central de nuestro proceso, encargada tanto de la carbonización como de la activación, será el horno, considerado como el componente más esencial. Contaremos con un horno que desempeñará un papel fundamental en ambas etapas mencionadas, por lo que es el activo con mayor valor.

## Molienda

En el proceso de transformación a carbón activado se cuenta con dos actividades que tienen relación con la reducción del tamaño de la leña y el carbón activado. Antes de la etapa de carbonización, la leña debe pasar por la etapa de molienda para darle un tamaño adecuado, según la información consultada, debe tener entre 0.5 cm a 1 cm, con el objetivo de aumentar el área superficial y tener una carbonización más uniforme y completa. Posteriormente, de la activación debe pasar por otro proceso de molienda para obtener el producto final a comercializar que es un polvo fino.

A partir de los siguientes supuestos se estimó la capacidad de la molienda:

- Para la entrada de la materia prima que será en todo el año se estima una cantidad de 480,000 libras de leña, es decir aproximadamente 1,983.00 libras de leña al día.
- La jornada de trabajo para la molienda será de 8 horas diarias

$$Capacidad_{molienda} = \frac{\frac{1,983 \text{ libras}}{\text{dia}}}{\frac{8 \text{ horas}}{\text{dia}}} = \frac{247.93 \text{ libras}}{\text{horas}}$$

Se consultó por medio de páginas en línea para seleccionar una molienda que cumpla con los requerimientos anteriores.

- Trituradora marca Cheng Jinlai Mechanical modelo 500
- Potencia 15 kw
- Salida 0.8 – 1.0 cm
- Capaz de triturar troncos, ramas, bambú, cortezas, cascara de coco entre otros
- Capacidad de 200-2000kg/h

### **Tamizado**

El tamizador separa el material fino tras la molienda para obtener el producto final que deseamos vender. Será utilizado luego de producir carbón activado para clasificar tamaños y obtener una presentación del producto acorde a la propuesta que estamos desarrollando el cual es un polvo fino. El proveedor será de China mediante una página en línea y será comercializado por Henan Langbo Machinery Manufacturing Co., Ltd. El cual contiene las siguientes características:

- Frecuencia de vibración 1150 veces / min
- Potencia 0.75 kw
- Ajustable al tamaño de partícula que se desea obtener

### **Caldera**

Este componente asume una función vital en el proceso, ya que su tarea primordial consiste en suministrar vapor de agua al horno, desencadenando así la transformación del carbón vegetal en carbón activado. Su relevancia radica en la capacidad para crear las condiciones ideales que activan las propiedades específicas del material, asegurando la calidad óptima del producto final. La eficacia y desempeño de este equipo son factores críticos para el éxito del proceso de activación, consolidándolo como un elemento esencial para garantizar la excelencia en la producción de carbón activado.

Al horno estará ingresando una cantidad aproximada de 171.50 libras de carbón por hora y se necesitarán 226 kg/hr de vapor según la información recolectada.

Se seleccionó una caldera de 600 kg/hr

- Caldera horizontal marca Fabrical, S.A
- Modelo FV-HP 75

- Producción máxima de 600 kg vapor por hora

## 5. Balanceo de líneas

En este sistema, la capacidad del horno se convierte en un factor limitante clave. El horno, con un volumen de  $11.87 m^3$ , donde aprovecharemos únicamente el 50% de su volumen. Con esta restricción se establece que el tamaño del batch para el proceso es de 5,887.94 libras. Dicha limitación influye en las etapas subsiguientes, donde se ajusta el tamaño del batch considerando la pérdida de agua durante las fases de carbonización y activación. Por esta relación, se calcula el tiempo necesario para obtener una libra de carbón activado, donde se observa en la Tabla 8 que la etapa de enfriamiento produce menor cantidad de carbón activado por minuto.

Para maximizar el uso del tiempo de los operarios y que no trabajen 8 horas en una misma operación se creó un proceso en paralelo para distribuir de mejor manera la cantidad de operarios en cada estación de trabajo. Como se observa en la Tabla 8 en la etapa de corte se requiere un operario, pero este va a requerir de un proceso en paralelo con la disposición de 0.14 (1/7 de su tiempo) distribuyendo así el resto de su tiempo en la etapa de molienda previa a la carbonización y posteriormente a activación en la etapa de molienda y tamizado, es decir que maximizando el tiempo de un operario mediante un proceso en paralelo es capaz de abastecer estas cuatro operaciones. Para la etapa de carbonización, set up, activación y enfriamiento se requiere de un proceso en paralelo donde un operario se encargue de cubrir estas cuatro operaciones. En cuanto a las operaciones de llenado, pesado, sellado y etiquetado se requiere de 21 operarios para alinear el tiempo en que se produce una libre con el cuello de botella que es la etapa de enfriamiento. Siendo la distribución de la siguiente manera: siete en llenado, siete en pesado, cuatro en sellado y tres en etiquetado.

Como se observa en la Figura 3 mediante la implementación de un proceso paralelo, se logra alinear los tiempos de cada etapa con respecto a la etapa de enfriamiento la cual marca el ritmo general del proceso. Quedando con capacidad disponible en las etapas de corte, molienda, carbonización, activación y tamizado.

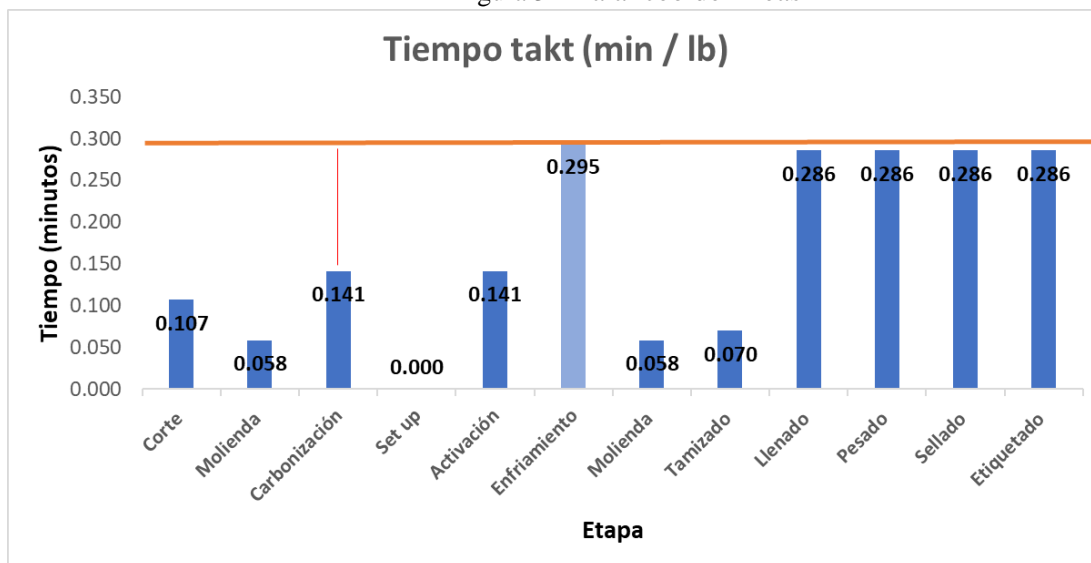
Tabla 8 - Balanceo de líneas

Tarea	Tiempo stdr (mins)	Descripción	Tamaño batch (lbs)	Factor pérdida humedad	Lb / Min (Carbón activado)	Procesos paralelos	lb / min (paralelo)	Operarios	min / lb (paralelo)	Tiempo / Batch (horas)	Batch mensual
A	90	Corte	5,887.94	0.00	65.42	0.14	9.35	1.00	0.107	10.50	98,693.01
B	30	Molienda	1,200.00	0.00	40.00	0.43	17.14	0.00	0.058	5.72	36,894.81
C	690	Carbonización	5,887.94	0.17	7.08	0.50	7.08	1.00	0.141	13.86	74,792.14
D	1	Set up	5,887.94	0.17	4,886.99	1.00	4,886.99	0.00	0.000	0.02	-
E	690	Activación	5,887.94	0.17	7.08	0.50	7.08	0.00	0.141	13.86	74,792.14
F	1440	Enfriamiento	5,887.94	0.17	3.39	1.00	3.39	0.00	0.295	28.92	35,837.90
G	10	Molienda	600.00	0.00	60.00	0.29	17.14	0.00	0.058	5.72	181,028.57
H	6	Tamizado	600.00	0.00	100.00	0.14	14.29	0.00	0.070	6.87	150,857.14
I	10	Llenado	5.00	0.00	0.50	7.00	3.50	7.00	0.286	28.04	36,960.00
J	2	Pesado	1.00	0.00	0.50	7.00	3.50	7.00	0.286	28.04	36,960.00
K	1	Sellado	1.00	0.00	1.00	3.50	3.50	4.00	0.286	28.04	36,960.00
L	1	Etiquetado	1.00	0.00	1.00	3.50	3.50	3.00	0.286	28.04	36,960.00

## Capacidad de producción

A partir del diseño del proceso, se logró determinar su capacidad de producción mensual. Se estableció que la entrada de un batch de leña es de 5,887.94 libras, lo que representa una entrada mensual de 6.79 batches, es decir, 40,000 libras, de la cual se obtendrá 33,200 libras de carbón activado. Al analizar el cuello de botella, identificado como la etapa de enfriamiento, que representa la capacidad mínima de la planta, se determinó que el tiempo necesario para producir un batch de carbón activado es de 28.92 horas, permitiendo la producción de dos batches por semana. Esto resulta en una capacidad de procesamiento de 35,837 libras de carbón activado por mes laboral, lo que equivale al 100% de la materia prima que ingresa al sistema.

Figura 3 - Balanceo de líneas



Donde:

- Eje x es el nombre o la descripción del proceso.
- Eje y es el tiempo en minutos.
- La línea horizontal anaranjada representa el límite del cuello de botella del proceso.

## Eficiencia de producción

El proceso actual tiene una eficiencia del 93%, basado en una producción real de 33,200 libras de carbón activado durante un mes laboral. El enfoque del proceso se ha centrado en el cuello de botella, que es la etapa de enfriamiento, dejando holguras en las etapas que no lo son. Esto significa que no se exige a estas etapas operar a su máxima capacidad, ya que su rendimiento no afectará el ritmo total del sistema, debido a que deben esperar a la etapa más lenta. El objetivo es mantener la eficiencia global concentrando los esfuerzos en optimizar el cuello de botella, ya que es el factor que impacta directamente en toda la operación.

Tabla 9 - Eficiencia

Operaciones	Capacidad entrante según balanceo	Unidad de medida	Prod/horas de batches	Numero de colaboradores	Horas reales	Factor de utilización	Factor de eficiencia	Cantidad de batches procesados a la semana	Semana	Capacidad de procesamiento al mes de batches	Capacidad de Producto procesado	Eficiencia	
Corte	5,887.94	lb	10.50	0.14	44	1	100%	4.19	4.00	16.76	98,693.01	34%	
Molienda	1,200.00	lb	5.72	0.43	44	1	100%	7.69	4.00	30.75	181,028.57	18%	
Carbonización	5,887.94	lb	13.86	0.50	44	1	100%	3.18	4.00	12.70	74,792.14	44%	
Set up	5,887.94	lb	0.02	1.00	44	1	100%	2,191.20	4.00	8,764.80	51,606,576.63	0%	
Activación	5,887.94	lb	13.86	0.50	44	1	100%	3.18	4.00	12.70	74,792.14	44%	
<b>Enfriamiento</b>	<b>5,887.94</b>	<b>lb</b>	<b>28.92</b>	<b>1.00</b>	<b>44</b>	<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>1.52</b>	<b>4.00</b>	<b>6.09</b>	<b>35,837.90</b>	<b>93%</b>	
Molienda	600.00	lb	5.72	0.29	44	1	100%	7.69	4.00	30.75	181,028.57	18%	
Tamizado	600.00	lb	6.87	0.14	44	1	100%	6.41	4.00	25.62	150,857.14	22%	
Llenado	5.00	lb	28.04	7.00	44	1	100%	1.57	4.00	6.28	36,960.00	90%	
Pesado	1.00	unidad	28.04	7.00	44	1	100%	1.57	4.00	6.28	36,960.00	90%	
Sellado	1.00	unidad	28.04	3.50	44	1	100%	1.57	4.00	6.28	36,960.00	90%	
Etiquetado	1.00	unidad	28.04	3.50	44	1	100%	1.57	4.00	6.28	36,960.00	90%	
<b>Producto terminado en unidades</b>	<b>1</b>	<b>Unidad de 5 lbs de carbón activado</b>							<b>Producción Real</b>		<b>33,200.00</b>	<b>lbs de carbón activado</b>	

Se determinó que el cuello de botella en el proceso, la etapa de enfriamiento tiene una capacidad instalada de 35,837 libras de carbón activado al mes. Para lograr esta capacidad, se requiere una entrada de suministro de 7,33 batches de leña (43,179 libras de leña). Sin embargo, con la entrada de suministro actual de 40,000 libras de leña, se logran producir 33,200 libras de carbón activado, lo que representa una eficiencia del 93% de la capacidad instalada. Es importante destacar que una restricción del sistema es la entrada de suministro de materia prima, lo cual afecta la cantidad total que el sistema puede manejar. Esta limitación reduce la capacidad de procesamiento a 33,200 libras de carbón activado al mes. Esta discrepancia entre la capacidad instalada y la capacidad efectiva subraya la necesidad de optimizar el manejo de batches para mejorar el flujo de producción. Al no poder aprovechar al máximo la capacidad instalada del enfriamiento, el sistema experimenta una ineficiencia que impacta directamente en la productividad general.

## Objetivo 3 – Ambientación del sistema y simulación del proceso

### 1. Estaciones de trabajo

Las estaciones de trabajo se definieron a partir del balanceo de líneas, con el número de operarios por estación y el rol de cada operador en la estación. A partir de un diagrama de planta se logrará mapear cada estación para entender de mejor manera el flujo del proceso. De igual manera, dentro de la simulación se asigna un nombre a cada estación, el cual representará a los servers del programa de simulación Simio Simulation.

*Tabla 10 - Estaciones de trabajo*

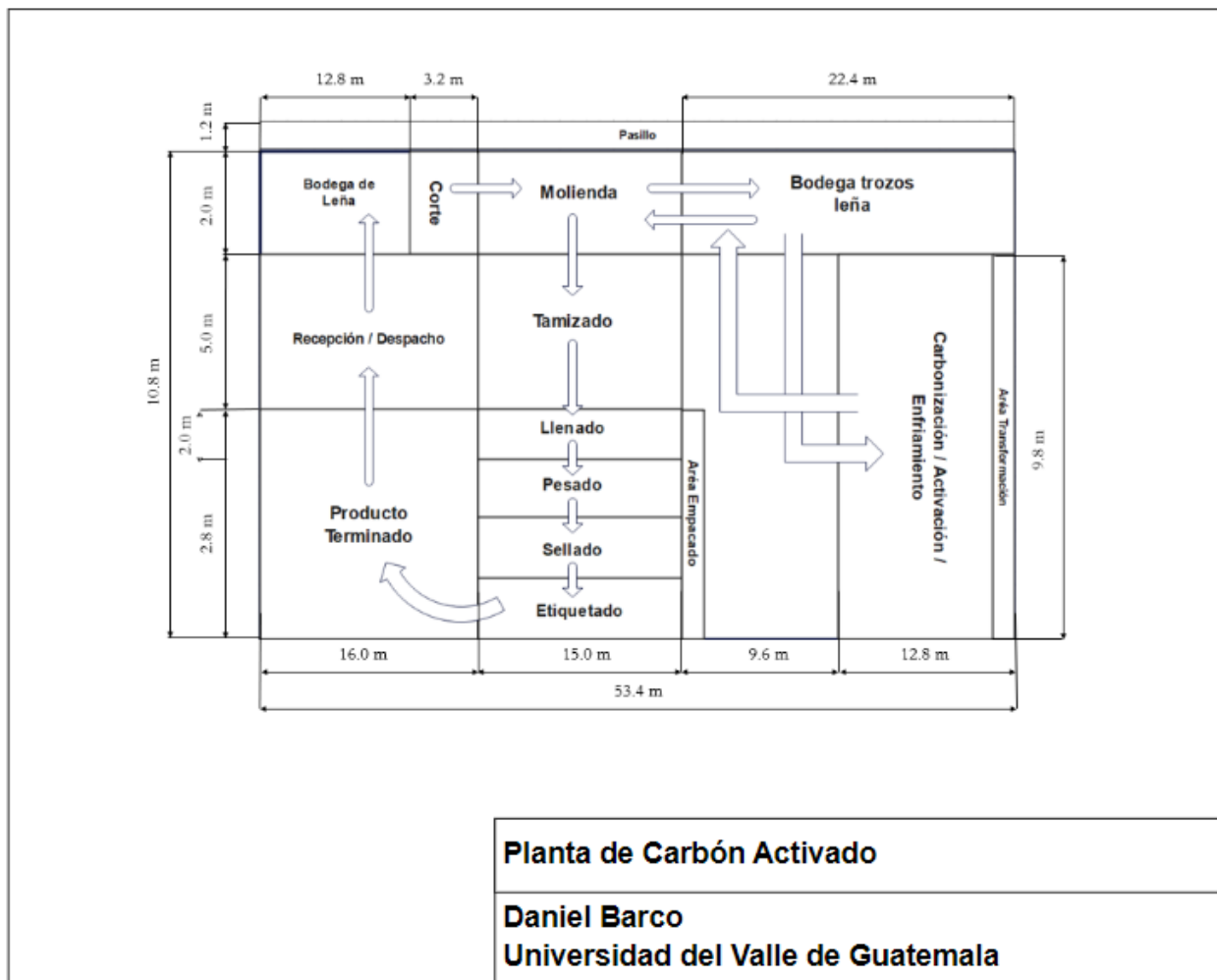
No.	Estación	No. Operarios	Rol
1	Corte	1	Encargado de cortar la leña
2	Molienda	0	Encargado de triturar la leña
3	Carbonización	1	Encargado de la carbonizar la leña
4	Set up	0	Encargado de configurar la caldera de vapor
5	Activación	0	Encargado de la activar el carbón vegetal
6	Enfriamiento	0	Encargado de detener el sistema
7	Molienda	0	Encargado de triturar la leña
8	Tamizado	0	Encargado de la separación
9	Llenado	7	Encargados del llenado
10	Pesado	7	Encargados de pesar
11	Sellado	4	Encargados de sellar
12	Etiquetado	3	Encargados de etiquetar

## 2. Distribución de la planta

Dentro de este esquema, cada estación ha sido estratégicamente ubicada para minimizar las distancias de transporte y garantizar una transición fluida entre las operaciones. Además, mantendrá relación con la simulación de Simio.

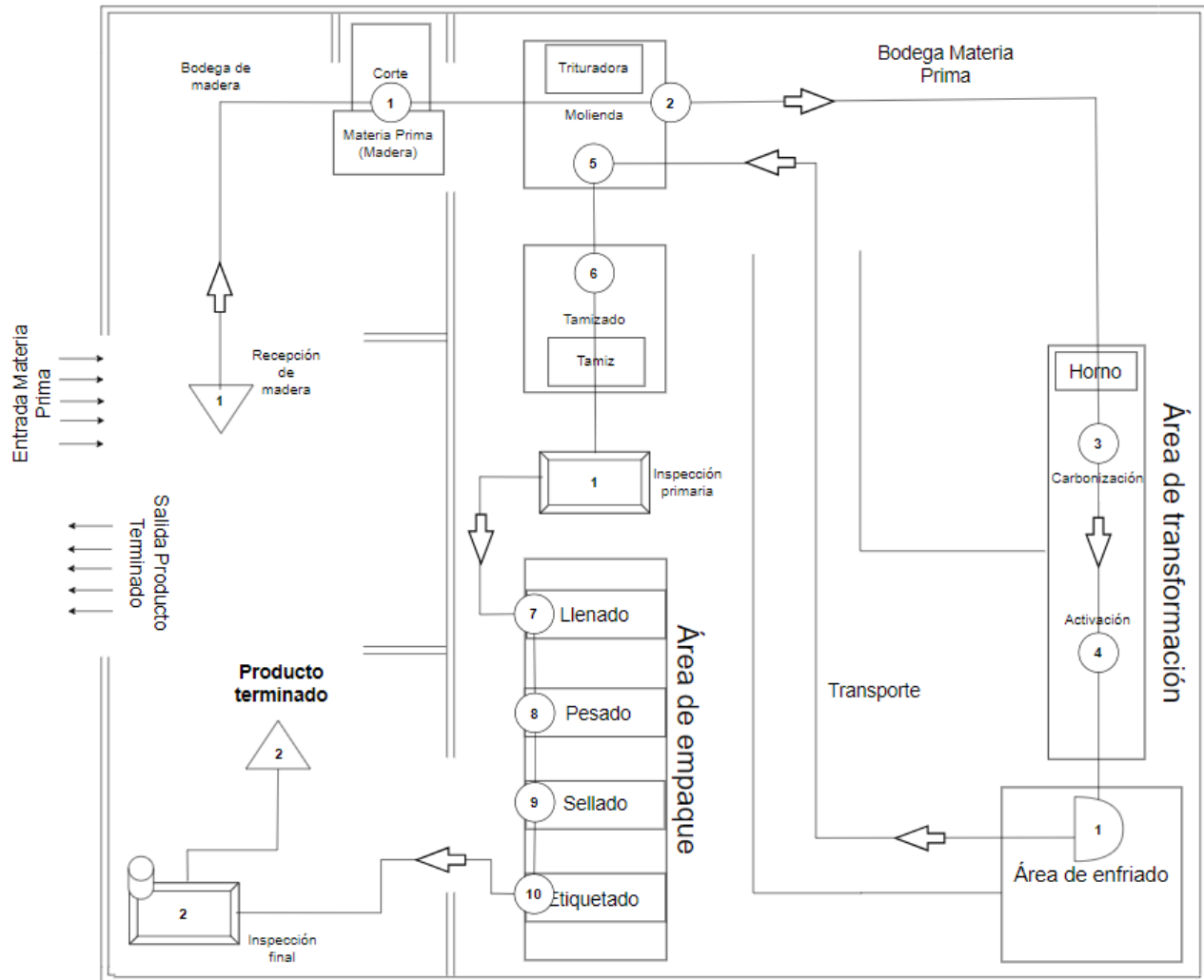
Se planteó que el proceso fuera de manera lineal y lógico, de acuerdo con el flujo de operaciones, utilizando las dimensiones reales de las maquinarias seleccionadas, manteniendo el espacio necesario para el lote de leña y permitiendo un flujo libre que minimice cualquier riesgo para el operador. Esta metodología nos proporciona una visión clara de la disposición espacial de las estaciones y nos permite anticipar posibles cuellos de botella o áreas de mejora. Este enfoque integrado desde el balanceo de líneas hasta la simulación detallada nos permitirá optimizar nuestras operaciones y alcanzar niveles óptimos de rendimiento.

Figura 4 - *Layout propuesta de la planta de producción*



### 3. Diagrama de recorrido

Diagrama 3 - Diagrama de recorrido



### 4. Simulación del proceso en SIMIO Simulation

A través de la herramienta de simulación SIMIO se creó una simulación del proceso propuesto de transformación de leña a carbón activado. Se tomó en cuenta los tiempos del proceso esperado, con sus tiempos de espera, las dimensiones de la planta y el balanceo del proceso del cual se definió un proceso en paralelo con la cantidad de trabajadores requeridos. Todo para crear una simulación apegada al proceso productivo real documentado. A partir de este modelo se espera evaluar la cantidad de producción, eficiencia del diseño e identificar los cuellos de botella a través de los porcentajes de utilización de los servidores, los tiempos de espera, tiempos muertos entre otros.

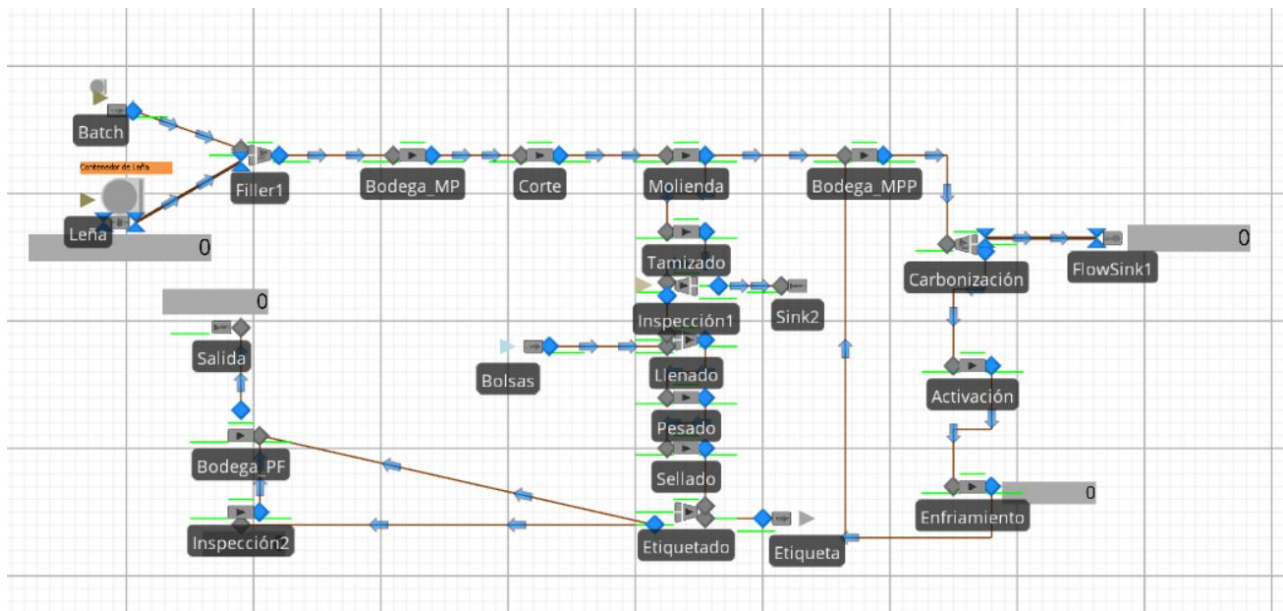
Para analizar el resultado por la simulación de SIMIO se estableció el diseño del proceso según el diagrama de procesos de operaciones con su secuencia, el balanceo del proceso, el diseño de la planta en la parte de ambientación de la simulación y el diagrama de recorrido. El proceso de modelado se enfoca en la transformación de batches de tarea de leña en unidades de bolsas de 5 libras, que constituyen el producto final. La simulación se realiza durante un período de 176 horas laborales equivalente a un mes de trabajo, considerando jornadas de lunes a viernes de 8 de la mañana a 5 de la tarde, y los sábados de 8 de la mañana a 12 del mediodía.

El modelado de la simulación se desarrolla mediante una metodología que integra tanto la biblioteca de flujo como la estándar, respaldada por el uso de tablas de secuencia y evento de llegada para mantener la consistencia en el proceso. El modelado comienza con un tanque que almacena la llegada de materia prima y mediante un flujo, se encarga de llenar una entidad hasta alcanzar la capacidad necesaria para formar un lote de tarea de leña. En el área de activación, durante la etapa de carbonización, se establece un flujo de salida para gestionar la pérdida de agua de la leña y se le añade una etiqueta para visualizar la cantidad de material eliminado.

En la etapa de inspección, se emplea un separator para dividir el batch de carbón activado en cantidades de 5 libras. Donde posteriormente, en la etapa de llenado se integró un combiner el cual contiene las bolsas que almacenarán la cantidad de 5 libras de carbón activado. Para luego asegurar el peso establecido pasando por la etapa de pesado y posteriormente sellado para evitar la salida del contenido. Posteriormente, en la etapa de etiquetado, mediante el uso de otro combiner que se encarga de fusionar las unidades de bolsas de 5 libras de carbón activado con las etiquetas del producto, garantizando así una correcta identificación antes de su almacenamiento.

Finalmente, se establecieron dos caminos para el producto: uno que lleva a la inspección 2 y otro que lo dirige directamente a la bodega final del producto terminado. La asignación de la ruta se basa en una lógica de peso, donde el 10% de las unidades de 5 libras de carbón activado se dirigen a la inspección 2 para asegurar la calidad del producto final, mientras que el 90% restante se envía directamente a la bodega final.

Figura 5 - Simulación de proceso



Basándonos en los resultados previstos, se espera una producción mensual de 33,200 libras de carbón activado, equivalente a aproximadamente 6,640 unidades de bolsas de 5 libras de carbón activado. Esta cantidad se traduce en unos 6.79 lotes de leña, que corresponden a la entrada de 40,000 libras de leña en el proceso.

Es importante señalar que el sistema tiene una restricción en la cantidad de leña que puede ingresar. Aunque se requieren 6.79 lotes de leña, es necesario redondear a 7 lotes (41,230 libras de leña) para asegurar un flujo continuo dentro del sistema. Tras una operación de 176 horas se determinó que la planta tiene una capacidad de producción en un mes laboral de 34,230 libras de carbón activado siendo un total de 6,846 bolsas de 5 libras de carbón activado, lo que representa una ocupación de producción del 97%.

Figura 6 - Salida de entidades

Sink	Salida	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Observations	6846.0000
					Minimum (Hours)	0.0110
					Maximum (Hours)	3.2554
					Average (Hours)	1.6218
		InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	6846.0000
				NumberExited	Total	6846.0000

El cuello de botella en el proceso se identificó utilizando el tiempo de Holding Time, que representa el tiempo que una entidad pasa en el buffer de entrada de una estación. Como resultado de un proceso equilibrado, se observó que este cuello de botella ocurre en la etapa de carbonización con un tiempo promedio de 11.5 horas, debido a que las operaciones anteriores operan a un ritmo más eficiente, acelerando el flujo y provocando acumulación en esta fase. Cabe mencionar que, al inicio del proceso en la etapa de corte, ocurre una acumulación de materia prima con un tiempo promedio de 4.43 horas debido al ingreso completo de lotes.

Figura 7 - HoldingTime del InputBuffer

Combiner	Etiquetado	MemberInputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0.0009
	Llenado	MemberInputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0.0018
Emptier	Carbonización	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	11.5000
Server	Activación	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0.0000
	Corte	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	4.4336
	Enfriamiento	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	1.2857
	Inspección2	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0.0000
	Pesado	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0.6601
	Sellado	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0.3964

## Objetivo 4 – Análisis financiero

### 1. Costo unitario de producción

El análisis del costo de producción del carbón activado se compone de cuatro elementos principales: materiales directos, la mano de obra directa, costos directos y los costos indirectos en la producción.

Para determinar el costo unitario de producción del carbón activado, es necesario calcular los costos de la leña, la pérdida de agua durante el proceso de transformación y el material de empaque. El precio de la leña es de Q1.25 por libra, y al utilizar 5 libras, el costo total de la leña es de Q6.25. Considerando una pérdida de agua del 17% durante la transformación, el costo total de 5 libras de carbón activado, después de incluir la pérdida de agua, es de Q7.31. A este costo se suma el gasto del material de empaque, que es de Q0.10 por bolsa de 5 libras, incluyendo la etiqueta. De esta manera, el costo total de los materiales directos para producir una bolsa de 5 libras de carbón activado es de Q7.41.

Tabla 11 - Costo de materiales directos

<b>Materiales directos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
Leña 5 libras	5.00	lb
Costo del material de empaque	0.10	Q/u
Costo de la leña	1.25	Q/lb
Costo por 5 libras de leña	6.25	Q/5lb
Costo de 5 lb de leña sin % de agua	7.31	Q/5lb
<b>Total materiales directos</b>	<b>1.48</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Total materiales directos</b>	<b>7.41</b>	<b>Q/5lb</b>

Para calcular el costo de la mano de obra directa, se consideró el tiempo necesario para transformar la leña en carbón activado y el costo por hora de los trabajadores. Se determinó que para producir una libra de carbón activado se requiere 0.295 minutos de mano de obra. El análisis considera el costo por hora de los 23 trabajadores que están distribuidos de la siguiente forma: 2 trabajadores que están involucrados en el proceso de transformación de leña a carbón activado los cuales tienen un salario devengado del mínimo más una bonificación del 1.25%. Los 21 trabajadores restantes están involucrados en el proceso de llenado hasta empacado y también tienen un salario equivalente al mínimo. Por lo tanto, el costo total de mano de obra por 5 libras es de Q13.91.

Tabla 12 - Costo de mano de obra directa

<b>Mano de obra directa</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
Tiempo para hacer carbón	0.29	Min
Costo de hora por 23 personas	566.39	Q
<b>Total mano de obra directa</b>	<b>2.78</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Total mano de obra directa</b>	<b>13.91</b>	<b>Q/5lb</b>

Para calcular los costos directos de producción del carbón activado, se tomó en cuenta el tiempo requerido para producir una libra del producto, que es de 0.295 minutos. Este tiempo se utiliza para calcular los costos de energía eléctrica, combustible para el horno y agua de la planta, cuya suma representa un costo de Q342.00 por hora de producción. Al aplicar este costo por el tiempo total necesario para producir 5 libras de carbón activado, se obtiene un costo directo de Q8.40 para estos servicios.

Tabla 13 - Costos directos de servicios

<b>Costos directos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
Costos directos	342.00	Q/h
<b>Total de costo directos</b>	<b>1.68</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Total de costo directos</b>	<b>8.40</b>	<b>Q/5lb</b>

Los costos indirectos en la producción de carbón activado abarcan gastos como arrendamiento, gastos de prueba, salario del supervisor de calidad, mantenimiento y depreciación, que no están directamente relacionados con la producción, pero agregan valor al producto final. La depreciación se considera un costo indirecto porque permite contabilizar el desgaste de la maquinaria en la producción del producto. Con un costo indirecto total de Q273.06 por hora y un tiempo requerido de 0.295 minutos para producir una libra de carbón activado, el costo fijo indirecto para producir 5 libras de carbón activado es de Q6.71.

Tabla 14 - Costos indirectos

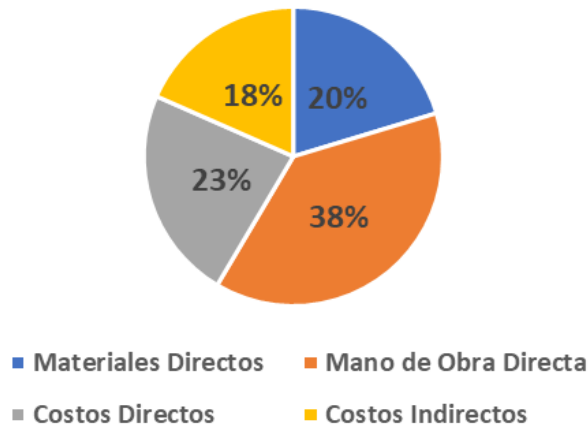
<b>Costos indirectos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
Tiempo para hacer carbón	0.29	min
Tasa de CIF por hora	273.06	Q/h
<b>Total de CIF</b>	<b>1.34</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Total de CIF</b>	<b>6.71</b>	<b>Q/5lb</b>

Mediante el análisis de la composición de los costos de producción se identificó cuál es el que tiene mayor aportación para producir una unidad. El mayor porcentaje de los costos se asigna a la mano de obra con un 38%, que incluye los salarios y prestaciones de dos supervisores y 21 operarios. El alto costo se debe al gran número de operadores requeridos. Los costos directos (costos de servicios) representan

un 23% del costo de producción, donde se considera la luz, el agua y el gas, siendo este último el que tiene mayor aportación en los gastos de servicios. Los costos de materiales directos, donde se consideran los insumos como bolsas de 5 libras y etiquetas, además de la leña de encino, representan un 20%. Por último, los costos indirectos tienen una aportación del 18%, donde el costo de arrendamiento, salario del supervisor y la depreciación tienen mayor aportación.

Figura 8 - *Composición de los costos*

### Composición de Costos



El costo total de producción para 5 libras de carbón activado es de Q36.4, lo que equivale a un costo promedio de Q7.29 por libra. Al comparar este costo de producción con el precio de venta de Q9.21 por libra, se evidencia que el precio de venta es mayor al costo por lo que es rentable y se obtiene un margen bruto del 21%. Esta rentabilidad muestra que el proyecto es económicamente viable y prometedor, con un margen significativo para obtener ganancias y un retorno favorable sobre la inversión inicial.

Tabla 15 - Costo de producción

<b>Costo de producción</b>		
<b>Materiales directos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
Leña 5 libras	5.00	lb
Costo del material de empaque	0.10	Q/u
Costo de la leña	1.25	Q/lb
Costo por 5 libras de leña	6.25	Q/5lb
Costo de 5 lb de leña sin % de agua	7.31	Q/5lb
<b>Total materiales directos</b>	<b>1.48</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Total materiales directos</b>	<b>7.41</b>	<b>Q/5lb</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
Tiempo para hacer carbón	0.29	Min
Costo de hora por 23 personas	566.39	Q
<b>Total mano de obra directa</b>	<b>2.78</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Total mano de obra directa</b>	<b>13.91</b>	<b>Q/5lb</b>
<b>Costos directos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
Costos directos	342.00	Q/h
<b>Total de costo directos</b>	<b>1.68</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Total de costo directos</b>	<b>8.40</b>	<b>Q/5lb</b>
<b>Costos indirectos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
Tiempo para hacer carbón	0.29	min
Tasa de CIF por hora	273.06	Q/h
<b>Total de CIF</b>	<b>1.34</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Total de CIF</b>	<b>6.71</b>	<b>Q/5lb</b>
<b>Costo de producción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Variable</b>
<b>Costo de producción</b>	<b>36.42</b>	<b>Q/5lb</b>
<b>Costo por libra</b>	<b>7.29</b>	<b>Q/lb</b>
<b>Margen de ganancia</b>	<b>21%</b>	

## 2. Inversión inicial

El enfoque para determinar la inversión inicial o el desembolso de capital necesario para iniciar el negocio se basa en la adquisición de activos fijos esenciales para la producción, es decir la maquinaria. Para elegir la maquinaria adecuada, se consideraron varios aspectos relacionados con el giro del negocio y las necesidades específicas del proceso de producción.

A través de las necesidades que enfrenta la empresa en satisfacer la producción y cumplir con los aspectos de calidad se determinó la maquinaria para la producción. Uno de los factores claves utilizados en el proceso es el horno, que representa una restricción en el momento de decisión por su capacidad de producción. Para ello es importante conocer ciertas características de la leña, como el porcentaje de agua en la leña, ya que esto afecta la cantidad de energía requerida para evaporar el agua antes de que pueda arder. Anteriormente, se visitó el laboratorio de Química de la Universidad del Valle de Guatemala donde se hicieron pruebas de porcentaje de agua a la leña y se determinó que alcanza un 25% de contenido de humedad. Requiriendo eliminar un 17%. Un contenido más bajo de humedad en la leña

resulta en una combustión más eficiente y un mejor rendimiento. Además, la calidad del calor influye en la cocción uniforme y la duración de la carbonización puede variar según el contenido de humedad en la leña.

Tras identificar las necesidades de producción en el horno, se buscaron proveedores donde se exploraron diferentes mercados, incluidos proveedores industriales, fabricantes de maquinaria local e internacional y plataformas de compra en línea. Para la decisión de adquisición, se consideraron la facilidad de compra, la disponibilidad y los costos asociados. En este caso, resultó más viable adquirir a través de plataformas en línea, siendo proveedores asiáticos los que ofrecen precios más bajos en el mercado. Además del costo de adquisición de la maquinaria, se consideraron otros gastos como impuestos, fletes, descarga, gastos de envío e instalación de la maquinaria. En el caso de maquinarias importadas, se trabajó con un tipo de cambio específico para el cálculo en moneda local de \$8.00 igual a Q1.00.

La propuesta del proyecto contempla el financiamiento a través de los recursos propios de los dueños del negocio. Como la empresa ya tiene desarrollado un giro de negocio produciendo leña, se busca darle un valor agregado a lo que ya producen y, por lo tanto, cuentan con el capital requerido para afrontar la inversión inicial. De este modo que no estarán requiriendo prestamos evitando el endeudamiento y los intereses. Esto mejora la rentabilidad del proyecto al evitar costos financieros asociados con intereses y comisiones de préstamos. Según el apartado de Diseño del Proceso, para adquirir las maquinas requeridas se necesita una inversión de aproximadamente Q277,860.15 y se determinó que por plataformas en línea se hará la adquisición de las maquinarias complejas como horno, caldera, trituradora y tamizador. Mientras que por proveedores locales se gestionara la compra de las más simples como la sierra eléctrica, la pesa y la selladora. Dentro la inversión inicial se debe de incluir el costo de la instalación que es aproximadamente de Q13,893.01 para tener un total de flujo de salida requerido de inversión de Q291,753.16 Es importante destacar que no hay costo de inversión en la adquisición de infraestructura ya que se arrendará el edificio de las instalaciones y por lo tanto se reflejará como un gasto periódico en el flujo de efectivo, con el objetivo de reducir la inversión inicial requerida.

De la inversión de la maquinaria se desglosan los siguientes costos: costo de maquinaria, costo de importación, tamaño y tipo de contenedor, flete, pago de impuestos, tasas aduaneras, costos de despacho y costo de traslado vía terrestre. De costo de adquisición de maquinaria considerando tanto las de importadas más las locales se tiene un costo total de Q76,112.40, dejando una brecha de 3 veces la suma total de las maquinarias por cualquier complicación, para obtener un total de Q228,337.20.

De acuerdo con la documentación el tipo de contenedor a utilizar depende del metro cubico (cbm) del producto y considerar si es un contenedor completo (FCL) o consolidado (LCL). El caso del horno tiene la forma de envío de paquete de 1.8 X 3.5 X 2.4 m es decir 15.12 m<sup>3</sup> (cbm) y peso de 1000 kilogramos (kg). Al ser una maquina relativamente de mayor tamaño con el espacio disponible de un contenedor estándar de 20 pies lo más viable es un contenedor tipo consolidado que según la documentación tiene un costo aproximadamente de \$ 2,000, para el cambio se utilizó 1\$ es igual a Q8.00. Este contenedor se empleará también para otras maquinarias. El agente logístico gestionará los trámites de aranceles y tasas aduaneras, que se estima el 5 % del valor de los productos y se suma al total para calcular el IVA, que es el 12 % del valor del producto, obteniendo una suma total de Q12,915. Además, se estima un costo de despacho de aproximadamente Q150 por persona, siendo necesario cuatro personas para un total de Q600 y un valor final de traslado de Q3,500 por entrega vía terrestre y seguridad. Se reserva un margen del 1.5 del costo total de importación que es Q33,015 debido en caso hubiera alguna complicación o imprevisto, resultando en un costo total de importación de Q49,522.

Luego, se representan en términos monetarios el valor de los recursos necesarios para la implementación del nuevo proceso de la leña.

Tabla 16 - Inversión inicial

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Sierra eléctrica	1	Q 2,100.00	Q 2,100.00
Molienda	1	Q 9,828.00	Q 9,828.00
Horno	1	Q 39,000.00	Q 39,000.00
Tamizador	1	Q 1,154.40	Q 1,154.40
Pesa	1	Q 150.00	Q 150.00
Selladora	1	Q 480.00	Q 480.00
Caldera	1	Q 23,400.00	Q 23,400.00
<b>Total maquinaria</b>		<b>Q 76,112.40</b>	<b>Q 76,112.40</b>
Margen de contingencia	3	Q 76,112.40	Q 228,337.20
Contenedor Consolidado (LCL)	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Impuestos	1	Q 12,915.30	Q 12,915.30
Magnifico	4	Q 150.00	Q 600.00
Despacho	1	Q 3,500.00	Q 3,500.00
<b>Total importación</b>		<b>Q 32,565.30</b>	<b>Q 33,015.30</b>
Margen de contingencia	1.5	Q 33,015.30	Q 49,522.95
<b>Total instalación</b>		<b>Q 13,893.01</b>	<b>Q 13,893.01</b>
<b>Total</b>		<b>Q 123,020.71</b>	<b>Q 291,753.16</b>

### 3. Proyección financiera

#### Supuestos de proyección financiera

El proceso de proyección financiera se basa en ciertos supuestos que permiten estimar los flujos de efectivo para los próximos 10 años. A continuación, se presentan los supuestos establecidos para llevar a cabo esta proyección:

- Modelo eficiente: se asume que el proceso opera con un nivel de eficiencia ideal, donde las pérdidas de tiempo debido a ineficiencias operativas, mantenimiento, o cualquier otro tipo de interrupción, no son consideradas en esta etapa del análisis, por ahora, en el modelo.
- Cantidad de inventario constante: la cantidad de inventario se mantendrá igual durante los próximos años, considerando que es la capacidad mínima que puede conseguir de materia prima derivado mientras se desarrolle la materia prima. Por lo tanto, se espera una gestión eficiente del inventario y una capacidad para mantener el nivel de producción y ventas.
- Cantidad de producción constante: Se espera que la cantidad de producción sea la misma en los próximos años, lo que sugiere una producción estable y predecible para satisfacer la demanda del mercado.

- Costos variables y fijos estables: Se considera que los costos se mantendrán constantes durante los próximos años, lo que indica que los gastos operativos de la empresa no experimentarán cambios significativos.
- Inversión inicial con recursos propios: La inversión inicial se realiza utilizando recursos propios, lo que evita la necesidad de endeudamiento y contribuye a una mayor rentabilidad del proyecto.
- El valor estimado que tendrá la maquinaria al final de cumplir su vida útil será del 5% del costo final.

## Ingresos

Para estimar los ingresos anuales, se asume que la producción se mantendrá constante a lo largo de los próximos años del proyecto. Con una capacidad de producción anual de 398,400 libras de carbón activado, se proyecta que esta producción cubrirá aproximadamente el 15% de las importaciones del mercado de carbón activado de Guatemala. Con un precio de venta establecido en Q9.21 por libra, se espera que toda la producción sea vendida, lo que resultaría en un ingreso bruto anual estimado de Q3,669,364, validando así los ingresos del proyecto.

*Tabla 17 - Ingresos por venta anual*

FLUJO DE EFECTIVO		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Unidades vendidas (libras)		398,400.00	398,400.00	398,400.00	398,400.00	398,400.00	398,400.00	398,400.00	398,400.00	398,400.00	398,400.00
Precio por libra	9.21										
Ingresos		3,669,264.00	3,669,264.00	3,669,264.00	3,669,264.00	3,669,264.00	3,669,264.00	3,669,264.00	3,669,264.00	3,669,264.00	3,669,264.00

## Margen bruto

Para estimar el margen bruto se calculó el total de los costos variables menos los ingresos. El resultado obtenido representa un margen bruto sobre los ingresos de 27.3%. Demostrando que los costos de producción del proyecto si puede llegar a tener una operación rentable dejando un margen del 27.3% para los costos fijos y obtener ganancias.

*Tabla 18 - Estimación margen bruto*

<b>Margen Bruto</b>	
Ingresos	Q 3,669,264.00
Costos Variables	Q 2,669,021.97
Utilidad Bruta	Q 1,000,242.03
<b>Margen Bruto</b>	<b>27.3%</b>

## Depreciación

La depreciación se consideró como un costo indirecto de fabricación, ya que el uso de la maquinaria representa una disminución del valor de los activos y refleja el desgaste a lo largo del tiempo mediante la producción de las libras de carbón activado. Se estableció una depreciación de cinco años para las maquinarias, lo cual impacta en la planificación financiera y operativa del proyecto. Esta decisión afecta directamente los estados financieros, disminuyendo el valor contable de los activos con el tiempo y, por ende, influyendo en la rentabilidad del proyecto a lo largo del período establecido. Por lo tanto, de la inversión inicial para la adquisición de las máquinas, que es de Q277,860.15, se estima una depreciación anual de Q55,572.03 para los próximos cinco años. Esto implica la necesidad de planificar el reemplazo de estas al final de dicho período. Así, considerando una inflación del 5% anual, el costo de la reinversión requerido para el nuevo período es de Q333,432.18.

*Tabla 19 - Depreciación*

FLUJO DE EFECTIVO	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
(-) depreciaciones	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q66,686.44	Q66,686.44	Q66,686.44	Q66,686.44	Q66,686.44

La proyección financiera muestra que los ingresos, costos y gastos se mantendrán constantes durante los próximos 10 años. Además, se espera que las ventas sean constantes y que se logre vender el 100% de la producción, lo que indica una alta demanda y un mercado prometedor para el carbón activado. Esto se puede asegurar debido a la alta demanda de importación que existe en Guatemala, la cual se estará cubriendo en un 15%.

Para elaborar el flujo de efectivo, en el año cero se registra la inversión inicial en su totalidad. En este caso, como se mencionó, la adquisición de estos activos se financiará con el capital disponible de la empresa. Durante los primeros cuatro años, se registran tanto los egresos como los ingresos generados por la operación, sumando el valor de la depreciación en cada período. Esto resulta en una liquidez positiva durante estos primeros años de operación. Sin embargo, en el quinto año, se realiza una reinversión en el equipo, lo que se refleja como un flujo de efectivo negativo. Esto indica que, en ese año, la empresa no generó más efectivo del que se requirió para llevar a cabo la reinversión en el activo.

Tras determinar todos los supuestos, se prosiguió a construir la proyección de los estados financieros de la empresa. El modelo estima una vida útil del proyecto de 10 años.

A continuación, se presenta la proyección de flujo de efectivo.

Tabla 20 - Flujo de efectivo

FLUJO DE EFECTIVO	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Unidades vendidas (libras)		398,400	398,400	398,400	398,400	398,400	398,400	398,400	398,400	398,400	398,400
Precio por libra	9.21										
<b>Ingresos</b>		Q3,669,264	Q3,669,264	Q3,669,264	Q3,669,264	Q3,669,264	Q3,669,264	Q3,669,264	Q3,669,264	Q3,669,264	Q3,669,264
<b>Costos variables</b>											
Materias Primas (leña)	Q1.25	Q582,660.00	Q582,660.00	Q582,660.00	Q582,660.00	Q582,660.00	Q582,660.00	Q582,660.00	Q582,660.00	Q582,660.00	Q582,660.00
Material de empaque (bolsas y etiquetas)	Q0.10	Q7,968.00	Q7,968.00	Q7,968.00	Q7,968.00	Q7,968.00	Q7,968.00	Q7,968.00	Q7,968.00	Q7,968.00	Q7,968.00
Mano de Obra directa	Q3.240	Q913,680.00	Q913,680.00	Q913,680.00	Q913,680.00	Q913,680.00	Q913,680.00	Q913,680.00	Q913,680.00	Q913,680.00	Q913,680.00
Prestaciones MOD	41.83%	Q382,222.77	Q382,222.77	Q382,222.77	Q382,222.77	Q382,222.77	Q382,222.77	Q382,222.77	Q382,222.77	Q382,222.77	Q382,222.77
Energía eléctrica	Q2.46	Q4,723.20	Q4,723.20	Q4,723.20	Q4,723.20	Q4,723.20	Q4,723.20	Q4,723.20	Q4,723.20	Q4,723.20	Q4,723.20
Combustibles y gas maquinaria	Q62,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00	Q744,000.00
Agua	Q9.38	Q33,768.00	Q33,768.00	Q33,768.00	Q33,768.00	Q33,768.00	Q33,768.00	Q33,768.00	Q33,768.00	Q33,768.00	Q33,768.00
Costos variables totales		Q2,669,022	Q2,669,022	Q2,669,022	Q2,669,022	Q2,669,022	Q2,669,022	Q2,669,022	Q2,669,022	Q2,669,022	Q2,669,022
	16.26										
Utilidad bruta		Q1,000,242	Q1,000,242	Q1,000,242	Q1,000,242	Q1,000,242	Q1,000,242	Q1,000,242	Q1,000,242	Q1,000,242	Q1,000,242
Margen bruto		27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%	27.3%
<b>Gastos indirectos</b>											
Arrendamiento bodega		Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00
Salario supervisor y calidad		Q170,200.00	Q170,200.00	Q170,200.00	Q170,200.00	Q170,200.00	Q170,200.00	Q170,200.00	Q170,200.00	Q170,200.00	Q170,200.00
(-) depreciaciones		Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03
Gastos de pruebas de laboratorios		Q15,000.00	Q15,000.00	Q15,000.00	Q15,000.00	Q15,000.00	Q15,000.00	Q15,000.00	Q15,000.00	Q15,000.00	Q15,000.00
Mantenimientos de las maquinarias		Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00	Q24,000.00
Total gastos indirectos		Q624,772.03	Q624,772.03	Q624,772.03	Q624,772.03	Q624,772.03	Q624,772.03	Q624,772.03	Q624,772.03	Q624,772.03	Q624,772.03
<b>Gastos admin y ventas</b>											
Salarios contador		Q68,080.00	Q68,080.00	Q68,080.00	Q68,080.00	Q68,080.00	Q68,080.00	Q68,080.00	Q68,080.00	Q68,080.00	Q68,080.00
Salarios vendedores		Q183,674.88	Q183,674.88	Q183,674.88	Q183,674.88	Q183,674.88	Q183,674.88	Q183,674.88	Q183,674.88	Q183,674.88	Q183,674.88
Marketing y publicidad		Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Gastos de fletes por ventas		Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Internet, teléfono y celulares		Q4,800.00	Q4,800.00	Q4,800.00	Q4,800.00	Q4,800.00	Q4,800.00	Q4,800.00	Q4,800.00	Q4,800.00	Q4,800.00
Equipo		Q10,909.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q11,290.82	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Total gastos admin y ventas		Q267,463.88	Q256,554.88	Q256,554.88	Q256,554.88	Q256,554.88	Q267,845.69	Q256,554.88	Q256,554.88	Q256,554.88	Q256,554.88
Utilidad antes de impuestos		Q108,006.12	Q118,915.12	Q118,915.12	Q118,915.12	Q118,915.12	Q96,509.90	Q107,800.71	Q107,800.71	Q107,800.71	Q107,800.71
Impuesto sobre la renta		Q27,001.53	Q29,728.78	Q29,728.78	Q29,728.78	Q29,728.78	Q24,127.47	Q26,950.18	Q26,950.18	Q26,950.18	Q26,950.18
Utilidad neta		Q81,004.59	Q89,186.34	Q89,186.34	Q89,186.34	Q89,186.34	Q72,382.42	Q80,850.54	Q80,850.54	Q80,850.54	Q80,850.54
Margen neto		2.21%	2.43%	2.43%	2.43%	2.43%	1.97%	2.20%	2.20%	2.20%	2.20%
<b>Inversión inicial</b>											
Compra maquinaria		-Q277,860.15									
Instalaciones adicionales		-Q13,893.01									
Valor de salvamento											Q16,671.61
(+) depreciaciones		Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q55,572.03	Q66,686.44	Q66,686.44	Q66,686.44	Q66,686.44	Q66,686.44
<b>Flujo de efectivo neto</b>		Q136,576.62	Q144,758.37	Q144,758.37	Q144,758.37	Q144,758.37	Q139,068.86	Q147,536.97	Q147,536.97	Q147,536.97	Q164,208.58

## Análisis de sensibilidad de la eficiencia

Tabla 21 - Análisis de sensibilidad de eficiencia

Variación eficiencia	Capacidad producción carbón activado lbs (Cuello botella)	Capacidad real	Producción	Eficiencia	Costos variables	Ingresos	VPN
100%	35,837.90	33,200.00	398,400.00	100%	Q197,540.00	Q 3,669,264.00	110,410.93
95%	34,046.01	33,200.00	398,400.00	100%	Q187,663.00	Q 3,669,264.00	110,410.93
90%	32,254.11	32,254.11	387,049.32	97%	Q177,786.00	Q 3,564,724.28	48,941.58
85%	30,462.22	30,462.22	365,546.58	92%	Q167,909.00	Q 3,366,684.04	-67,506.08
80%	28,670.32	28,670.32	344,043.84	86%	Q158,032.00	Q 3,168,643.81	-183,953.74
75%	26,878.43	26,878.43	322,541.10	81%	Q148,155.00	Q 2,970,603.57	-300,401.40
70%	25,086.53	25,086.53	301,038.36	76%	Q138,278.00	Q 2,772,563.33	-416,849.06

En la Tabla 21 se presenta un análisis de sensibilidad sobre la eficiencia de la capacidad de producción en la etapa de enfriamiento en relación con diferentes variables. Se estableció como supuesto que el flujo del proceso no considera interrupciones, por lo que la etapa de enfriamiento opera a una eficiencia del 100%. Para realizar la variación, se experimentó con una alteración en la eficiencia, reduciéndola hasta un 70% en intervalos del 5%. Al analizar la primera variable, la capacidad de producción en el intervalo del 90% al 85%, se observa que la capacidad de producción es menor a la capacidad real, lo que provoca una disminución en la productividad anual. Como resultado de esta baja eficiencia, se utilizan menos materiales directos, lo que reduce los costos variables. Sin embargo, esta reducción en la producción también lleva a una disminución en los ingresos por ventas. Debido a que los flujos de caja generados son inferiores a lo esperado, el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto se vuelve negativo. Un VPN negativo indica que el valor actual de los ingresos futuros es insuficiente para cubrir la inversión inicial y los costos operativos a lo largo de la vida del proyecto, lo que implica que el proyecto no es rentable y podría incluso generar pérdidas. Por lo tanto, se concluye que la eficiencia de la etapa de enfriamiento no puede reducirse en más de un 10% (es decir, debe mantenerse al menos en un 90%) para asegurar que el proyecto siga siendo rentable y genere un VPN positivo, lo que garantizaría resultados financieros favorables para la empresa.

## 4. Análisis financiero bajo indicadores

El análisis de la rentabilidad de la empresa se basó en la construcción de flujos de efectivo proyectados para los próximos 10 años, como se detalla en la Tabla 20. Estos flujos de efectivo fueron evaluados mediante tres indicadores financieros clave: el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Retorno de la Inversión (ROI). La elección de una tasa de descuento del 25% durante 10 años sirvió de referencia para evaluar la viabilidad del nuevo proceso. Como se mencionó antes en la proyección financiera, uno de los supuestos es que los costos y los ingresos serían constantes durante los años, manteniendo los flujos de efectivo iguales, excepto en el quinto y el décimo año. En estos años, como se observa en la Tabla 20, hay una salida por reinversión debido al desgaste que implica la producción de carbón activado, ya que se requieren altas temperaturas y el horno está en contacto con gases y sustancias químicas corrosivas o abrasivas que contribuyen al desgaste gradual interno del horno y sus componentes con el tiempo. Además, se considera una entrada por el valor de salvamento de los activos, que puede ser por los componentes electrónicos o la maquinaria en su totalidad.

A partir de uno de los principales supuestos, que es que la empresa financia la totalidad del proyecto, se determinan los flujos de efectivo durante los próximos 10 años. Con una tasa de descuento del 25%, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de Q110,410, el cual, al ser un valor mayor a cero, muestra ser una oportunidad de inversión. Esto se confirma mediante la Tasa Interna de Retorno (TIR), que es del 38%, dando un margen de 13 unidades porcentuales por encima del valor esperado de la inversión. Esto también representa la tasa neta de retorno, es decir, que la inversión está generando un rendimiento del 13% sobre el capital invertido. Por lo tanto, por cada unidad que se invierte, se recupera un 13%.

Tabla 22 - Indicadores financieros

Año	Flujo de efectivo
0	Q291,753.16
1 Q	136,576.62
2 Q	144,758.37
3 Q	144,758.37
4 Q	144,758.37
5 -Q	191,452.41
6 Q	139,068.86
7 Q	147,536.97
8 Q	147,536.97
9 Q	147,536.97
10 Q	164,208.58
Tasa de descuento	25%
TIR	38.245%
VPN	Q110,410.93
Tasa neta de rendimiento	13.24%

Para conocer cómo afecta a la empresa la variación del precio por libra de carbón activado, se realizó un análisis de sensibilidad. En dicho análisis, se consideraron dos escenarios: un decrecimiento del precio de hasta un 12% y un incremento de hasta un 10% respecto al precio inicial (Q9.21). Las variables consideradas en el análisis fueron el precio de venta y el Valor Presente Neto (VPN).

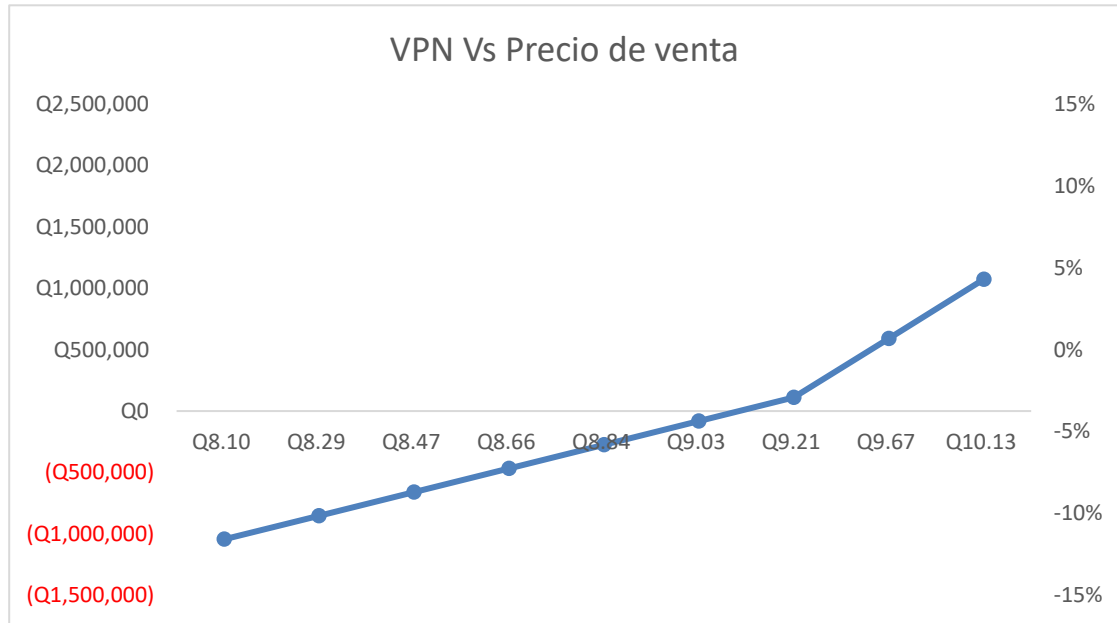
Tabla 23 - Análisis de sensibilidad precio de venta vs. valor actual neto

Análisis de sensibilidad		
Porcentaje de variación en el precio	Precio	VPN
-12%	Q8.10	-Q1,045,108
-10%	Q8.29	-Q852,521
-8%	Q8.47	-Q659,935
-6%	Q8.66	-Q467,348
-4%	Q8.84	-Q274,762
-2%	Q9.03	-Q82,176
0%	Q9.21	Q110,411
5%	Q9.67	Q591,877
10%	Q10.13	Q1,073,343

Al reducir el precio inicial a 2%, el valor presente neto representa un resultado negativo, demostrando que el precio inicial no puede tener disminuciones porque afectaría la viabilidad del proyecto.

En cuanto a un escenario con incrementos en el precio inicial de hasta 10% representa una superación del valor actual neto de los Q1,000,000. Dejando en evidencia el impacto positivo que un aumento de los precios puede tener en la rentabilidad de la nueva implementación del proceso.

Figura 9 - *Análisis de sensibilidad precio de venta vs. valor actual neto*



Donde:

El eje x es el precio de venta.

El eje y es el valor presente neto.

La representación gráfica del Valor Presente Neto (VPN) en relación con el porcentaje de variación de los precios de venta, como se muestra en la Figura 9 de doble eje, proporciona una clara ilustración del impacto de la variable de precio de venta en el VPN durante los próximos 10 años. En el eje izquierdo, el VPN refleja la rentabilidad del proyecto en términos monetarios, mientras que en el eje derecho se muestra el porcentaje de variación en los precios de venta. Al observar el comportamiento de las líneas en el gráfico, se evidencia que existe una relación directa entre la variación en los precios de venta y el VPN. Esto sugiere que los cambios en los precios de venta tienen un efecto significativo en la rentabilidad del proyecto. A medida que los precios de venta aumentan o disminuyen, el VPN se ve afectado de manera correspondiente, lo que subraya la importancia crítica de la gestión estratégica de los precios para garantizar la rentabilidad sostenida del proyecto a lo largo del tiempo.

Por último, el indicador financiero a evaluar es el Retorno de Inversión (ROI). Para ello, se utilizó la fórmula del ROI, que es la diferencia entre la utilidad neta y la inversión inicial, dividida entre la inversión inicial. Se estima recuperar la inversión final en un período de cuatro años. Al finalizar la vida útil del proyecto (10 años), se tendrá una recuperación del 186% sobre la inversión inicial.

Tras evaluar cada indicador financiero propuesto para medir la rentabilidad del nuevo proceso de transformación de la leña, se demostró su alta rentabilidad financiera a largo plazo. Cada indicador refleja una inversión positiva, destacando la Tasa Interna de Retorno (TIR), que es un 13% mayor que lo fijado. Además, el Valor Presente Neto (VPN) muestra un flujo de efectivo de 10 años para el proyecto, con un resultado final de Q110,411, lo cual es positivo. El Retorno de Inversión (ROI), con un resultado del 186%, representa una recuperación favorable sobre la inversión inicial. Considerando que todos los indicadores muestran resultados positivos, se concluye que el proyecto es altamente rentable.

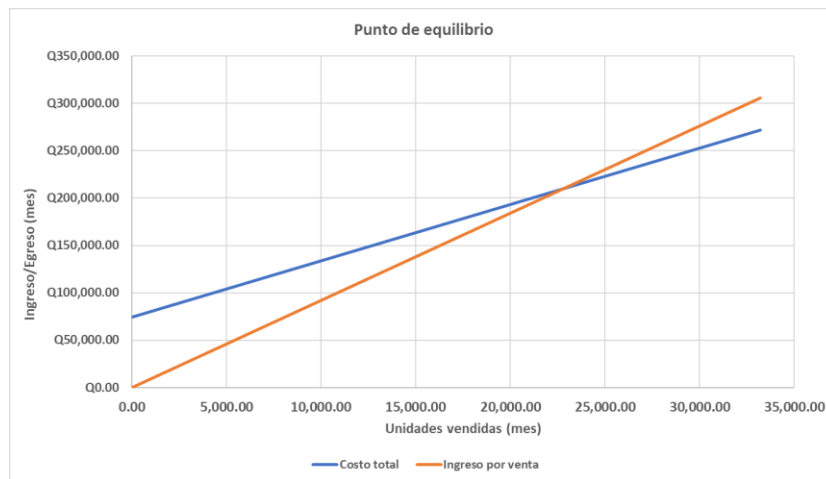
Tabla 24 - Resultados indicadores financieros

Indicadores	Acrónimo	Resultado
Retorno de inversión	ROI	186%
Valor actual neto	VPN	Q110,410.93
Tasa interna de retorno	TIR	38%

### Punto de equilibrio

Mediante el análisis de punto de equilibrio, determinamos el nivel de producción en el que los ingresos totales por ventas son iguales a los costos totales. Para ello, se dividió el costo fijo más los gastos fijos entre la diferencia entre el precio de venta del producto y el costo variable unitario, es decir, el margen de contribución.

Figura 10 - Análisis punto de equilibrio



Basados en los resultados obtenidos, hemos determinado que, con un margen de contribución de Q3.26 (que es la diferencia entre el precio de venta y los costos variables), para cubrir el gasto total fijo de Q74,352, el punto de equilibrio se alcanza con la venta mensual de 22,798 libras de carbón activado. A este nivel de ventas, los ingresos igualan los gastos fijos totales mensuales, alcanzando un ingreso/egreso total de Q209,977. Este equilibrio entre ingresos y costos corresponde a una capacidad de producción mensual del 69%.

Tabla 25 - Resultados punto de equilibrio

Cantidad de equilibrio	<b>22,798.90</b>
Ingreso/Egreso de equilibrio	<b>Q 209,977.83</b>
Unidades producidas mensualmente	<b>33,200.00</b>
Capacidad de producción	<b>69%</b>

### Margen variable

Para calcular el margen variable que es la diferencia entre el precio de venta y el costo variable de la libra del carbón activado se obtuvo un resultado del Q3.2. Es decir que se tiene un 35% de margen para cubrir lo que son costos fijos y obtener ganancias.

Tabla 26 - Resultados margen variable

Margen Variable por libra	<b>Q 3.26</b>
Porcentaje	<b>35%</b>

Considerando el análisis de sensibilidad del Valor Presente Neto sobre el precio de venta de la libra del carbón activado, se debe tener una variación del porcentaje del precio del -32% para cubrir los costos totales, indicando que no se obtendrán ganancias. Sin embargo, como no se está considerando el valor del dinero en el tiempo con esta variación se obtendría un valor presente neto negativo por lo que no puede existir variación mínima del precio fijado. Por otro lado, si se incrementa un 10% del precio base se tiene un incremento del 48% en las utilidades antes de impuestos para cubrir costos fijos y mantener la rentabilidad de la empresa a través de un valor presente neto positivo.

Tabla 27 - Variación precio margen variable

Porcentaje de variación en el precio	Precio	Margen costos fijos	Porcentaje	Utilidad antes de impuestos	Estado
-32%	Q6.31	Q0.36	4%	Q0.00	Equilibrio
-12%	Q8.10	Q2.16	23%	Q0.81	Ganancia
-10%	Q8.29	Q2.34	25%	Q1.00	Ganancia
-8%	Q8.47	Q2.52	27%	Q1.18	Ganancia
-6%	Q8.66	Q2.71	29%	Q1.37	Ganancia
-4%	Q8.84	Q2.89	31%	Q1.55	Ganancia
-2%	Q9.03	Q3.08	33%	Q1.73	Ganancia
0%	Q9.21	Q3.26	35%	Q1.92	Ganancia
5%	Q9.67	Q3.72	40%	Q2.38	Ganancia
10%	Q10.13	Q4.18	45%	Q2.84	Ganancia

---

### CONCLUSIONES

---

Después de llevar a cabo el estudio sobre la viabilidad de implementar un nuevo proceso de transformación de la leña a carbón activado, se llegaron a las siguientes conclusiones

1. El estudio de mercado estableció que la demanda anual del carbón activado es de 2,704,129.57 libras según las importaciones de Guatemala. Dado que la capacidad de producción disponible de la empresa es de 480,000 libras de leña, se podría cubrir hasta un 15% del mercado objetivo. De esta manera se determina que la restricción del sistema está dada por la oferta de suministro y no por la demanda del mercado. Se propuso un precio de venta de Q9.21 la libra de carbón activado para incentivar los posibles clientes, pues tendrían un 15% de mejora de precio con respecto al importado. A través del estudio de mercado se reveló la necesidad de diseñar la producción del carbón activado con alta capacidad de adsorción y purificación, tamaño de partícula adecuado, y un pH neutro para cumplir con los requisitos de calidad de los clientes.
2. El diseño del proceso de transformación de carbón vegetal a carbón activado se basó en los estándares de calidad identificados en el estudio de mercado, que requieren un producto con alta capacidad de adsorción y purificación. Se determinó que la activación física mediante vapor a una temperatura de 779°C es el método óptimo para cumplir con estos estándares. El contenido de humedad de la leña debe ser del 8%, y el proceso requiere un tiempo de procesamiento de 11.5 horas, para lo cual se determinó un horno especializado que pudiera entregar estos requerimientos de procesamiento. La secuencia de operaciones incluye una sierra eléctrica, una molienda, un horno, un tamizador, una pesa y una selladora, con un tiempo total de 49 horas por lote para completar el proceso.
3. Se modeló el proceso de producción utilizando los tiempos de operación en cada etapa, y luego se estableció la cantidad de operaciones en paralelo que se debe de tener en cada estación para balancear el proceso. El proceso se diseñó para procesar la cantidad mensual de 33,200 libras de carbón activado, según se determinó anteriormente que era la capacidad de suministro. Con esto se estimó que se deben contratar 23 operarios en el proceso, y luego se elaboró el diagrama de recorrido del proceso considerando la ubicación de las máquinas, los espacios del inventario y la seguridad del colaborador. Con base en este diseño se elaboró simulación donde se obtuvieron los resultados de una corrida con un tiempo de 176 horas. Con esto se concluyó que la planta puede alcanzar una capacidad de producción mensual de 34,230 libras de carbón activado, con una ocupación del 97%. Se comprobó que el cuello de botella se encuentra en la etapa de carbonización.

4. Se concluye que la implementación del proceso de producción es económicamente viable mediante una inversión inicial de Q291,753 a un periodo de vida del proyecto de 10 años. Se logrará obtener una ganancia en operación al alcanzar el punto de equilibrio con la venta del 69% de la producción. Además, el análisis muestra un Valor Presente Neto (VPN) de Q110,411, con una TIR del 38% y un ROI del 186% al final de la vida del proyecto, con un tiempo de retorno de inversión estimado en 4 años.

---

### RECOMENDACIONES

---

1. En el proceso de producción, durante la etapa de carbonización y activación, la reacción suelta gases que contribuyen al calentamiento global. Por lo tanto, se recomienda a la empresa realizar un estudio del impacto ambiental que podría provocar la implementación del proceso de transformación a carbón activado para minimizar este impacto, asegurándose de estar actualizados con las nuevas leyes emitidas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, así como por otras entidades reguladoras como el Instituto Nacional de Bosques (INAB). Adicionalmente, se sugiere la implementación de sistemas de recuperación y tratamiento de gases emitidos durante estas etapas. Esto podría incluir la instalación de lavadores de gases o sistemas de captura de carbono, que reducirán las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes, y también generar subproductos útiles que podrían reutilizarse o comercializarse, contribuyendo a una producción más sostenible y rentable.
2. Se recomienda evaluar un programa de marketing que impulse las ventas. Esta recomendación surge debido a que inicialmente no se consideró el gasto en marketing, partiendo de la suposición de que la demanda del carbón activado para tratamientos de purificación de agua podría ser impulsada por regulaciones del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, así como por entidades y movimientos sociales. Sin embargo, es importante destacar que el carbón activado tiene una amplia variedad de aplicaciones más allá de la purificación de agua. Estas incluyen su uso en la industria alimentaria, en la industria farmacéutica para la fabricación de medicamentos que requieren adsorción de toxinas, en la producción de filtros de aire y productos contra la humedad. Un programa de marketing estratégico podría aprovechar esta diversidad, posicionando el producto en diferentes segmentos de mercado y maximizando su potencial de ventas.
3. El carbón activado, después de pasar por la etapa del horno, sale al rojo vivo y, al exponerlo a un enfriamiento lento bajo temperatura ambiente, puede afectar la calidad del producto y poner en riesgo la seguridad del colaborador. Por lo tanto, se recomienda considerar la implementación de un secador o enfriador en la etapa de enfriamiento. Esta medida no solo mejorará el tiempo de enfriamiento, sino que también mantendrá la calidad del producto, asegurando que sus propiedades adsorbentes no se vean comprometidas. Además, el rediseño contribuirá a la eficiencia operativa al reducir los tiempos de espera entre etapas, lo que podría incrementar la capacidad de producción. Desde un punto de vista de seguridad, la implementación de un enfriador mitigaría los riesgos asociados al manejo de materiales a altas temperaturas, protegiendo a los colaboradores y cumpliendo con las normativas de seguridad industrial.

4. En el diseño del proceso propuesto, la etapa de empaquetado se realiza manualmente, lo cual fue decidido inicialmente para mantener una baja inversión inicial. Sin embargo, se recomienda evaluar la implementación de un proceso más automatizado en la etapa de empaque. La automatización mejoraría significativamente la eficiencia operativa al reducir el tiempo necesario para empaquetar cada unidad, permitiendo manejar volúmenes de producción más grandes sin necesidad de aumentar proporcionalmente la mano de obra.
  
5. Se recomienda evaluar la reactivación del carbón activado como una oportunidad de negocio para generar nuevos ingresos y reducir el desperdicio, alineándose con prácticas de economía circular. Este proceso rentable permitiría restaurar la capacidad adsorbente del carbón activado para su reutilización, maximizando su valor y diversificando las fuentes de ingresos de la empresa. Además, se sugiere utilizar este modelo como referencia para la activación y reactivación de otros materiales como cáscara de coco, desechos de madera, aserrín y astillas, optimizando otros recursos, potenciando la sostenibilidad y versatilidad del proceso.

## CAPÍTULO 9

---

### BIBLIOGRAFÍA

---

Banco de Guatemala. (2022). *Comercio Exterior De Guatemala Por Inciso Arancelario Del Sac (A8 y 10 Dígitos)*. Obtenido de Banco de Guatemala: [Comercio General - versión PDF | Banco de Guatemala \(banguat.gob.gt\)](#).

Chase, B., & Jacobs, F. 2011. *Administración de operación, producción y cadena de suministro 13<sup>a</sup>. Ed.* Ciudad de Mexico: Mc Graw Hill.

El código de trabajo. (1961). *Decreto No. 1441*. El Congreso de la Republica de Guatemala.

Fortune Business Insight. (2022). *Activated, carbon market size, share & COVID-19 impact Analysis, By type (Powdered Activated Carbon, Granular Activated Carbon, Others), by Application (Liquid Phase, Gaseous Phase), by End-use Industry (Water Treatment, Food & Beverage, Pharmaceutical & Medical, Automotive, Air purification, Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2022-2030*. Obtenido de Fortune Business Insight: [Activated Carbon Market Size, Trends & Growth Analysis \[2030\] \(fortunebusinessinsights.com\)](#)

Génessis, C. (2021). *Aprovechamiento de residuos de cáscara de cacao en la obtención de carbón activado para ser usado como medio filtrante*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. Obtenido de: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/a9bb05eb-c549-483d-a0c1-03400d529bd2>

Gobierno de Guatemala, G. (2022). *POLÍTICA GENERAL DE GOBIERNO 2020-2024*. Obtenido de Gobierno de Guatemala: [Política General de Gobierno 2020-2024 | Vicepresidencia de la República de Guatemala](#)

González, O. (2021). *Estudio de factibilidad de una granja urbana de cultivos hidropónicos localizado en la ciudad de Quetzaltenango, Quetzaltenango*. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. Obtenido de: <http://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/4129>

Grajeda, C. (2013). *Producción de carbón activado a partir de madera y encino*. Universidad del Valle de Guatemala. Obtenido de: <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/1367>

Hoover, A. M., Burden, S., Fu, X.-Y., Sastry, S. S., & Fearing, R. S. (2010). Bio-inspired design and dynamic maneuverability of a minimally actuated six-legged robot. *Bio-medical Robotics and*

*Biomechatronics (BioRob), 2010 3rd IEEE RAS and EMBS International Conference on*, 869-876.

Instituto Nacional de Bosque, I. (2020). *Guía técnica de las especies más utilizadas para la producción de leña en Guatemala*. Obtenido de INAB: [Instituto Nacional de Bosques - INAB](#)

Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. (1986). *Decreto No. 68-86*. Congreso de la Republica de Guatemala.

Ley forestal. (1996). *Decreto No. 101-96*. El Congreso de la Republica de Guatemala.

Mandon, P., Patil, B., Prasad, E. (2022). *Activated Carbon Market by Product Type (Powdered Activated Carbon, Granular Activated Carbon, Others), by Application (Liquid Phase, Gaseous Phase), by End-use Industry (Water Treatment, Food & Beverage, Pharmaceutical & Medical, Automotive, Air purification, Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020-2030*. Obtenido de: [Activated Carbon Market Growth And Industry Forecast 2030 \(alliedmarketresearch.com\)](#)

Mejía, J., & Rendon, J. (2016). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de carbón activado a partir de residuos de pino Pátula*. Obtenido de: <https://repository.eafit.edu.co/items/17eabfab-91dd-46e3-89ba-902549175015>

Ministerios de economía. (2022). *Estudios Industria Guatemala – Cuidado Bocal*. Obtenido de: [Estudios Industria Guatemala | MINECO](#)

Mordor Intelligence. (2022). *MERCADO DE CARBÓN ACTIVADO: CRECIMIENTO, TENDENCIAS, IMPACTO DE COVID-19 Y PRONÓSTICOS (2022 - 2027)*. Obtenido de: [Tamaño del mercado de carbón activado, participación, tendencias, crecimiento | 2022 - 2027 \(mordorintelligence.com\)](#)

Moreno, A., Rios, C., & Flores, E. (2021). *Carbón activado: generalidades y aplicaciones*. Universidad Autónoma de Coahuila.

Observatorio de complejidad Económica. (2020). *carbón activado*. Obtenido de: [Carbón activado en Guatemala | OEC - The Observatory of Economic Complexity](#)

Ospina, V., Buitrago, R., & López, D. (2013). *Preparación y caracterización de carbón adivado a partir de torta de higuera*. Universidad Antioquia, Medellin - Colombia. Obtenido de: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/35217>

Reavis, D. (2022). *Carbón Activado Mercado Ver crecimiento increíble 2022-203*. Obtenido de: [Carbón Activado Mercado Ver crecimiento increíble 2022-2031 \(enmovimientorevista.com\)](#)

Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental, (2016). *El acuerdo gubernativo 137-2016*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala.

Toalan, A. (2010). *Estudio de factibilidad para la construcción de una fábrica de briquetes de carbón utilizando tamo de arroz localizado en la provincia del Guayas*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Obtenido de: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2455>

Uner, O., & Bayrak, Y. (2018). *The effect of carbonization temperature, carbonization time and impregnation ratio on the properties of activated carbon produced from Arundo donax*. *Journal of Microporous and mesoporous materials*. Obtenido de: <http://acikerisim.kirklareli.edu.tr/xmlui/handle/20.500.11857/2830?locale-attribute=en>

## CAPÍTULO 10

---

### ANEXOS

---

#### A. Leyes y regulaciones ambientales

#### DECRETO 68 – 86 LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE

##### TITULO I

##### CAPITULO I: PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Artículo 1. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

Artículo 2. La aplicación de esta ley y sus reglamentos compete al Organismo Ejecutivo por medio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, cuya creación, organización, funciones y atribuciones, establece la presente ley.

Artículo 4. El Estado velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

Artículo 5. La descarga y emisión de contaminantes que afecten a los sistemas y elementos indicados en el artículo 10 de esta ley, deben sujetarse a las normas ajustables a la misma y sus reglamentos.

Artículo 7. Se prohíbe la introducción al país, por cualquier vía, de excrementos humanos o animales, basuras domiciliarias o municipales y sus derivados, cienos o lodos cloacales, tratados o no, así como desechos tóxicos provenientes de procesos industriales, que contengan sustancias que puedan infectar, contaminar y/o degradar al medio ambiente y poner en peligro la vida y la salud de los habitantes, incluyendo entre él las mezclas o combinaciones químicas, restos de metales pesados, residuos de materiales radiactivos, ácidos y álcalis no determinados, bacterias, virus, huevos, larvas, esporas y hongos zoo y fitopatógenos.

Artículo 8. Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será

necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.

El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q.5,000.00 a Q.100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

Artículo 10. El Organismo Ejecutivo por conducto de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, realizará la vigilancia e inspección que considere necesarias para el cumplimiento de la presente ley. Al efecto, el personal autorizado tendrá acceso a los lugares o establecimientos, objeto de dicha vigilancia e inspección, siempre que no se tratare de vivienda, ya que de ser así deberá contar con orden de juez competente

## TITULO II

### CAPITULO UNICO: DEL OBJETO DE LA LEY

Artículo 11. La presente ley tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

Artículo 13. Para los efectos de la presente ley, el medio ambiente comprende. Los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (rocas y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

## TITULO III

### CAPITULO I: DEL SISTEMA ATMOSFÉRICO

Artículo 14. Para prevenir la contaminación atmosférica y mantener la calidad del aire, el Gobierno, por medio de la presente ley, emitirá los reglamentos correspondientes y dictará las disposiciones que sean necesarias para: a) Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes; b) Promover en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para proteger la calidad de la atmósfera; c) Regular las substancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes de la atmósfera; d) Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones; e) Regular la contaminación producida por el consumo de los diferentes energéticos; f) Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar y localizar las fuentes de contaminación atmosférica; y g) Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica.

### CAPITULO V: DE LA PREVENSIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN VISUAL

Artículo 18. El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos correspondientes, relacionados con las actividades que puedan causar alteración estética del paisaje y de los recursos naturales, provoquen ruptura del paisaje y otros factores considerados como agresión visual y cualesquiera otras situaciones

de contaminación y de interferencia visual, que afecten la salud mental y física y la seguridad de las personas.

## CAPITULO VI: DE LA CONSERVACIÓN Y PORTECCIÓN DE LOS SISTEMAS BÍOTOPOS

Artículo 19. Para la conservación y protección de los sistemas bióticos (o de la vida para los animales y las plantas), el Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con los aspectos siguientes: a) La protección de las especies o ejemplares animales o vegetales que corran peligro de extinción; b) La promoción del desarrollo y uso de métodos de conservación y aprovechamiento de la flora y fauna del país; c) El establecimiento de un sistema de áreas de conservación a fin de salvaguardar el patrimonio genético nacional, protegiendo y conservando los fenómenos geomorfológicos especiales, el paisaje, la flora y la fauna; d) La importación de especies vegetales y animales que deterioren el equilibrio biológico del país, y la exportación de especies únicas en vías de extinción; e) El comercio ilícito de especies consideradas en peligro; y f) El velar por el cumplimiento de tratados y convenios internacionales relativos a la conservación del patrimonio natural.

## TITULO V

### CAPITULO UNICO: INFRACCIONES, SANCIONES Y RECURSOS

Artículo 29. Toda acción u omisión que contravenga las disposiciones de la presente ley, efectuando así de manera negativa la cantidad y calidad de los recursos naturales y los elementos que conforman el ambiente, se considerará como infracción y se sancionará administrativamente de conformidad con los procedimientos de la presente ley, sin perjuicio de los delitos que contempla el Código Penal. Para el caso de delitos, la Comisión los denunciará a los tribunales correspondientes, impulsados por el Ministerio Público, que será parte de estos procesos para obtener la aplicación de las penas.

Artículo 31. Las sanciones que la Comisión Nacional del Medio Ambiente dictamine, por las infracciones a las disposiciones de la presente ley, son las siguientes: a) Advertencia, aplicada a juicio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y valorada bajo un criterio de evaluación de la magnitud del impacto ambiental; b) Tiempo determinado para cada caso específico para la corrección de factores que deterioran el ambiente con participación de la Comisión en la búsqueda de alternativas viables para ambos objetivos; c) Suspensión cuando hubiere variación negativa en los parámetros de contaminación establecidos para cada caso específico por la Comisión Nacional del Medio Ambiente; d) Comiso de las materia primas, instrumentos, materiales y objeto que provenga de la infracción cometida, pudiéndose destinar a subasta pública o su eliminación cuando fueren nocivos al medio ambiente; e) La modificación o demolición de construcciones violatorias de disposiciones sobre protección y mejoramiento del medio ambiente; f) El establecimiento de multas para restablecer el impacto de los daños causados al ambiente, valorados cada cual en su magnitud; y g) Cualesquiera otras medidas tendientes a corregir y reparar los daños causados y evitar la contaminación de actos perjudiciales al medio ambiente y los recursos naturales.

## DECRETO 137 – 2016 REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Artículo 1. Contenido y objeto. El presente Reglamento contiene los lineamientos, estructura y procedimientos necesarios para apoyar el desarrollo sostenible del país en el tema ambiental, estableciendo reglas para el uso de instrumentos y guías que faciliten la evaluación, control y seguimiento ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades, que se desarrollan y los que se pretenden desarrollar en el país. Lo anterior facilitará la determinación de las características y los posibles impactos ambientales, para orientar su desarrollo en armonía con la protección del ambiente y los recursos naturales.

Artículo 4. Principios de la evaluación ambiental. Los procedimientos de evaluación ambiental se sujetarán a los siguientes principios: a) Principio de prevención. Este principio establece que toda acción humana tiene asociado un riesgo o impacto ambiental que es inherente a su naturaleza y la serie de procesos que involucra, lo que razonablemente permite predecir su alcance ambiental y adoptar medidas para evitar su impacto negativo; b) Principio de precaución. Implica la utilización de mecanismos, instrumentos y políticas, con el objetivo de evitar daños al ambiente y la salud de las personas, aunque no exista certeza científica absoluta sobre sus causas y efectos; en tal sentido, orienta la toma de decisión hacia la aplicación de medidas que contribuyan a evitar el incremento del deterioro ambiental; c) Principio de responsabilidad ambiental. Establece que las personas individuales o jurídicas tienen la obligación bajo su propia responsabilidad y como un mecanismo autónomo de regulación, la identificación de los impactos y riesgos ambientales que pueden o puedan estar produciendo algún grado de impacto ambiental positivo o negativo, y como consecuencia de ello, presentar el instrumento ambiental correspondiente para prevenir y/o corregir los impactos que se causen o causarán al ambiente, con el fin de lograr un equilibrio ecológico, privilegiando la importancia de conservar, proteger y preservar los elementos de su entorno mediato e inmediato; d) Principio de proporcionalidad. Establece los mecanismos de presentación, análisis, otorgamiento de seguros y emisión de licencias de los instrumentos ambientales, así como el control y seguimiento de estos, los cuales deben ser proporcionales al grado de riesgo o impacto ambiental que caracteriza cada proyecto, obra, industria o actividad; e) Principio de gradualidad. Basado en que es necesario graduar, según su complejidad, la aplicación de criterios para todas las fases que comprende la evaluación, control y seguimiento ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades; f) Principio de control y verificación. Aplicado a los procesos de acreditación y certificación, con la finalidad de otorgar los incentivos ambientales, basados en la aplicación del principio de responsabilidad ambiental; g) Principio quien contamina paga y rehabilita. Principio que obliga a que una vez establecido el daño ambiental causado, la persona individual o jurídica responsable del hecho, está obligada a cargar con los costos del resarcimiento y la rehabilitación, teniendo en cuenta el interés público; h) Indubio pro-natura. Principio de acción en beneficio del ambiente y la naturaleza que obliga a que ante la duda que una acción u omisión pueda afectar el ambiente o los recursos naturales, las decisiones que se tomen deben ser en el sentido de protegerlos; i) Principio de capacidad de carga crítica. Está dirigido a determinar la sensibilidad propia de un área, ecosistema o especie, al experimentar cambios significativos como la extinción, agotamiento o destrucción total o parcial, en caso de intervención humana, de tal forma, que no se sobrepase los límites de capacidad de carga crítica; y, j) Principio de participación. Incluir la participación más amplia de ciudadanos y organizaciones, incluyendo la de los distintos pueblos en el diseño y de planes, programas y acciones en el tema de cambio climático

Artículo 5. Creación del sistema de evaluación, control y seguimiento ambiental. Se crea el sistema de evaluación, control y seguimiento ambiental, en adelante el Sistema, como el conjunto de normas, procedimientos e instrumentos técnicos y operativos cuya organización permite el desarrollo de los procesos de evaluación, control y seguimiento ambiental de todo proyecto, obra, industria o actividad que por sus características, pueden producir deterioro a los recursos naturales, renovables o no, al

ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional.

Artículo 12. Equivalencia y regularización de instrumentos ambientales. Para efecto del cumplimiento de los artículos 4, 8, 11 y 12 del Decreto número 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, en función de su naturaleza, se establecen los instrumentos ambientales siguientes: a) Instrumentos ambientales predictivos: La autorización de un instrumento de este tipo cumple con la obligación establecida en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente; y, b) Instrumentos ambientales correctivos: La aprobación de este instrumento regulariza el proyecto, obra, industria o actividad, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones a que se refiere el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

Artículo 17. Instrumentos de control y seguimiento ambiental. Son considerados como instrumentos de control y seguimiento Ambiental los siguientes: a) Auditorías ambientales; y, b) Acciones de seguimiento y vigilancia ambiental, desarrolladas por el proponente y de oficio. Los términos de referencia, contenidos y procedimientos técnicos específicos para el desarrollo de cada uno de ellos serán determinados por parte del MARN.

Artículo 58. Tipos de licencias. Se establecen las siguientes: a) Licencia ambiental, de los instrumentos aprobados; b) Licencia de proveedor de servicios ambientales, según categoría; c) Licencia de laboratorio especializado en mediciones y análisis Ambientales; d) Licencia de disposición final controlada; e) Licencia de importación o exportación de sustancias y productos controlados por el MARN; f) Licencia de importación o exportación de productos, sustancias y materias primas para la reutilización o reciclaje; g) Licencia de importación o exportación de equipos de refrigeración y aire acondicionado; y, h) Otras que fueren creadas de acuerdo a las necesidades del MARN conforme el presente reglamento.

Artículo 60. Emisión de la licencia ambiental. Será extendida por la DIGARN o las delegaciones departamentales del MARN, cuando se cuente con la resolución de aprobación del proyecto, obra, industria o actividad, la cual certifica el cumplimiento del procedimiento administrativo ante el MARN y tiene carácter obligatorio.

Artículo 68. Licencia ambiental de importación o exportación de sustancias y productos controlados por el MARN. Para importar y exportar sustancias y productos controlados establecidos en este Reglamento deberá solicitarse la licencia al cumplir con los requisitos que establezca el MARN.

## DECRETO 101 – 96 LEY FORESTAL

Artículo 1. Objeto de la ley. Con la presente ley se declara de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, para lo cual se propiciará el desarrollo forestal y su manejo sostenible, mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos: a) Reducir la deforestación de tierras de vocación forestal y el avance de la frontera agrícola, a través del incremento del uso de la tierra de acuerdo con su vocación y sin omitir las propias características de suelo, topografía y el clima; b) Promover la reforestación de áreas forestales actualmente sin bosque, para proveer al país de los productos forestales que requiera; c) Incrementar la productividad de los bosques existentes,

sometiéndolos a manejo racional y sostenido de acuerdo a su potencial biológico y económico, fomentando el uso de sistemas y equipos industriales que logren el mayor valor agregado a los productos forestales; d) Apoyar, promover e incentivar la inversión pública y privada en actividades forestales para que se incremente la producción, comercialización, diversificación, industrialización y conservación de los recursos forestales; e) Conservar los ecosistemas forestales del país, a través del desarrollo de programas y estrategias que promuevan el cumplimiento de la legislación respectiva; y f) Propiciar el mejoramiento del nivel de vida de las comunidades al aumentar la provisión de bienes y servicios provenientes del bosque para satisfacer las necesidades de leña, vivienda, infraestructura rural y alimentos

Artículo 3. Aprovechamiento sostenible. El aprovechamiento sostenible de los recursos forestales, incluyendo la madera, semillas, resinas, gomas y otros productos no maderables, será otorgado por concesión si se trata de bosques en terrenos nacionales, municipales, comunales o de entidades autónomas o descentralizadas; o por licencias, si se trata de terrenos de propiedad privada, cubiertos de bosques.

Las concesiones y licencias de aprovechamiento de recursos forestales, dentro de las áreas protegidas, se otorgarán en forma exclusiva por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas mediante los contratos correspondientes de acuerdo con la Ley de Áreas Protegidas y demás normas aplicables

## TITULO II

### CAPITULO I: DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 5. Creación. Se crea el Instituto Nacional de Bosques que podrá abreviarse INAB e indistintamente como el Instituto, para designaciones en esta ley con carácter de entidad estatal, autónoma, descentralizada, con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa, es el órgano de dirección y autoridad competente del sector Público Agrícola, en material forestal.

## TITULO IV

### CAPITULO I: DE LOS BOSQUES

Artículo 34. Prohibiciones. Se prohíbe el corte de árboles de aquellas especies protegidas y en vías de extinción contenidas en listados nacionales establecidos y los que se establezcan conjuntamente por el INAB y el CONAP, y aquellos que de acuerdo con los Convenios Internacionales que Guatemala haya ratificado en dicha materia, así como los árboles que constituyan genotipos superiores identificados por el Instituto. El INAB brindará protección a estas especies y estimulará su conservación y reproducción.

## TITULO V

### CAPITULO I: APROVECHAMIENTO Y MANEJO DEL BOSQUE

Artículo 48. Aprovechamientos y manejo sostenido del bosque. El aprovechamiento y manejo sostenido del bosque estará dirigido mediante el Plan de Manejo aprobado por el INAB. Este es un instrumento fundamental en el monitoreo del aprovechamiento y de las técnicas silviculturales aplicadas

a la masa forestal, comprenderá como mínimo: a) Descripción biofísica de la propiedad; b) La superficie con bosque; c) Tipo y clase de bosque; d) Área a intervenir; e) Áreas de protección; f) El volumen a extraer; g) El sistema de corte; h) El crecimiento anual del bosque y su posibilidad de corte; i) La recuperación de la masa forestal; j) Las medidas de prevención contra incendios forestales; y k) El tiempo de ejecución.

Artículo 49. Licencia. La licencia será la autorización para implementar el Plan de Manejo. Cualquier aprovechamiento forestal de madera u otros productos leñosos excepto los de consumo familiar los de plantaciones voluntarias y sistemas agroforestales plantados voluntariamente podrá hacerse solamente con licencia que el INAB otorgará dentro del periodo que se indica en el artículo anterior ésta será exclusivamente para el propietario o poseedor legítimo del terreno o del área forestal de la que se trate y la misma estará bajo su responsabilidad y vigilancia por el tiempo que conforme al reglamento requiera el Plan de Manejo.

Artículo 50. Solicitud de licencia. La solicitud de aprovechamiento forestal se ajustará en lo que fuere aplicable a las disposiciones del Código Procesal Civil y Mercantil pero no será admitida si no va acompañada del Plan de Manejo y si no cumple con los requisitos técnicos que determine el reglamento.

Artículo 51. Responsable técnico en la elaboración del Plan de Manejo según la naturaleza y magnitud del aprovechamiento de acuerdo con lo que se establezca en el reglamento específico el Plan de Manejo podrá ser elaborado por profesionales en el campo forestal: Ingeniero, Agrónomo, Ingeniero o Técnico, Foresta Técnicos, Universitarios con especialidad en silvicultura o manejo de bosques Peritos Forestales y Dasónomos y Profesionales con post grado en la materia debidamente inscritos en el INAB.

Artículo 54. Licencias emitidas por las municipalidades. Las municipalidades serán las que otorguen las licencias para la tala de árboles ubicados dentro de sus perímetros urbanos, para volúmenes menores de diez (10) metros cúbicos por licencia por finca y por año. Para volúmenes mayores la licencia será otorgada por el INAB.

Artículo 55. Extensión obligatoria de reforestación. El Plan de Manejo debe establecer la extensión obligatoria a reforestar y los métodos que aseguren la regeneración del bosque, para mantener la extensión y calidad del bosque original. En el caso de tala rasa, será obligatorio cuando mínimo reforestar la extensión talada. El reglamento de esta ley fijará las especificaciones detalladas de manejo y regeneración.

## CAPITULO I: DE LA INDUSTRIALIZACIÓN FORESTAL

Artículo 64. Acceso a las Industrias Forestales de Transformación Primaria. El personal autorizado del INAB, previa identificación, tendrá acceso a las instalaciones de las industrias forestales del país. Estas industrias tienen la obligación de llevar la contabilidad sobre el volumen de trozas compradas o taladas y el volumen de madera aserrada que éstas rindan.

El volumen total de madera a vender será equivalente al volumen de trozas autorizadas, menos los desperdicios causados por el procesamiento

## DECRETO 236 – 2006 REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y RESO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS

Artículo 1. OBJETO. El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- a) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- b) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- c) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También es objeto del presente reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para el ministerios de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

Artículo 5. ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de caracterizar efluentes, descargas, aguas para reuso y lodos

## CÓDIGO DE TRABAJO

Artículo 1. El presente Código regula los derechos y obligaciones de patronos y trabajadores, con ocasión del trabajo, y crea instituciones para resolver sus conflictos.

Artículo 197. Todo empleador está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la seguridad y la salud de los trabajadores en la prestación de sus servicios. Para ello, deberá adoptar las medidas necesarias que vayan dirigidas a: a) Prevenir accidentes de trabajo, velando porque la maquinaria, el equipo y las operaciones de proceso tengan el mayor grado de seguridad y se mantengan en buen estado de conservación, funcionamiento y uso, para lo cual deberán estar sujetas a inspección y mantenimiento permanente; b) Prevenir enfermedades profesionales y eliminar las causas que las provocan; c) Prevenir incendios; d) Proveer un ambiente sano de trabajo; e) Suministrar cuando sea necesario, ropa y equipo de protección apropiados, destinados a evitar accidentes y riesgos de trabajo; f) Colocar y mantener los resguardos y protecciones a las máquinas y a las instalaciones, para evitar que de las mismas pueda derivarse riesgo para los trabajadores; g) Advertir al trabajador de los peligros que para su salud e integridad se deriven del trabajo; h) Efectuar constantes actividades de capacitación de los trabajadores sobre higiene y seguridad en el trabajo; i) Cuidar que el número de instalaciones sanitarias para mujeres y para hombres estén en proporción al de trabajadores de uno u otro sexo, se mantengan en condiciones de higiene apropiadas y estén además dotados de lavamanos; j) Que las instalaciones destinadas a ofrecer y preparar alimentos o ingerirlos y los depósitos de agua potable para los trabajadores, sean suficientes y se mantengan en condiciones apropiadas de higiene; k) Cuando sea necesario, habilitar locales para el cambio de ropa, separados para mujeres y hombres; l) Mantener un botiquín provisto de los elementos indispensables para proporcionar primeros auxilios. Las anteriores medidas se observarán sin perjuicio de las disposiciones legales y reglamentarias aplicables

Artículo 198. Todo patrono está obligado a acatar y hacer cumplir las medidas que indique el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social con el fin de prevenir el acaecimiento de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales.

B. Estudio de mercado

Figura 11 - Código de partida del carbón activado

Banco de Guatemala  
Departamento de Estadísticas Macroeconómicas  
Sección de Estadísticas de Balanza de Pagos



LISTADO DE INCISOS ARANCELARIOS

INCISOS ARANCELARIOS	DESCRIPCIÓN
3802	CARBÓN ACTIVADO; MATERIAS MINERALES NATURALES ACTIVADAS; NEGROS DE ORIGEN ANIMAL, INCLUIDO EL NEGRO ANIMAL AGOTADO
38021000	Carbón activado
380210000	Carbón activado

Figura 12 - Importaciones por partida de Comercio General 2022

Importaciones Realizadas por partida Comercio General Año 2022  
- Valor en US dólares y Volumen en Kilos -

PARTIDA	Total Anual		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen
380210000	236,889	30,096	30,096	5,894	19,733	1,022	29,848	5,199	16,995	5,732	26,094	5,498	33,324	6,910	9,936	1,009	44,170	6,225	3,025	1,241	11,826	3,920	8,763	829
3802100000	99,231	1,964	9,900	937	7,377	197	17,893	334	29,872	626	6,264	100	9,308	182	1,714	30	6,828	119	7,129	192	11,867	234	8,366	119
38021000000	6,002,416	232,262	495,096	35,454	390,986	22,629	314,933	27,429	459,679	14,603	479,231	25,914	285,926	13,297	325,273	23,804	479,465	23,404	207,800	12,156	283,026	16,236	315,285	16,157
380210000000	3,905	60	0	0	1,216	16	0	0	0	0	1,584	38	0	0	0	0	602	11	0	0	0	0	0	0
3802100000000	19,048	3,740	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38021000000000	4,697,709	2,462,260	504,316	402,842	0	0	570,294	298,419	195,045	193,100	173,168	34,979	99,220	276,880	507,560	243,970	482,028	292,080	290,844	196,950	874,621	449,470	2,211	8
380210000000000	44,219	607	0	0	4,154	66	466	11	1,450	17	1,096	27	7,830	30	1,670	68	9,708	123	296	0	14,621	236	2,908	34
3802100000000000	8,686,089	5,863,947	818,261	571,869	486,926	199,167	596,009	84,385	188,539	16,200	283,226	79,296	102,969	55,026	208,930	83,677	346,409	43,825	393,792	97,264	270,296	97,096	309,728	309,489
38021000000000000	1,504,454	2,246,175	157,462	206,129	56,420	99,546	161,294	154,729	162,209	246,192	143,252	229,979	271,977	222,896	49,126	63,926	124,929	214,623	164,120	297,225	113,889	165,192	129,745	199,292
380210000000000000	199,763	179,352	0	0	291	2	22	19	11,895	47,123	11,812	11,520	0	0	0	0	41,727	37,497	63,271	51,200	26,825	23,095	0	0
3802100000000000000	17,609	3,323	11,816	2,404	0	0	668	68	1,823	377	8	0	0	7	468	39	0	0	0	84	2,221	900	88	0
38021000000000000000	97,495	12,524	0	0	16,200	1,204	0	0	0	0	31,753	3,734	9,960	600	0	0	28,729	5,624	11,814	1,227	0	0	0	0
380210000000000000000	197,021	15,883	161	4	6,661	1,033	369	17	671	0	0	0	0	169	23	144	36	1,269	16	81	192	97,166	11,437	0
3802100000000000000000	1,154,274	524,744	91,687	62,990	43,770	24,096	94,095	49,820	49,572	26,190	46,745	22,590	155,087	65,030	55,165	20,090	139,619	64,049	92,481	40,190	243,399	116,400	92,461	40,160

Figura 13 - Exportaciones por partida de Comercio General 2022

Exportaciones Realizadas por partida Comercio General Año 2022  
- Valor en US dólares y Volumen en Kilos -

PARTIDA	Total Anual		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen
380210000	6,497,592	1,389,569	113,211	197,269	195,498	395,244	395,979	218,598	164,778	129,370	109,246	103,990	144,929	166,299	81,194	92,497	98,679	103,492	97,796	96,244	87,927	75,104	197,991	147,004
3802100000	26,562	57,989	0	0	0	0	0	0	0	0	1,983	4,500	14,437	12,481	616	0	13,977	19,497	0	0	0	0	0	0
38021000000	6,929	4,000	0	0	0	0	0	0	0	0	6,923	4,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
380210000000	97,183	19,524	8,220	1,989	28,154	7,117	7,282	1,646	8,096	399	2,718	939	1,696	268	7,107	1,161	32,699	6,299	184	39	6,237	1,946	0	0
3802100000000	15,732	2,400	47	50	1,988	25	203	100	0	0	235	45	0	0	15,900	2,100	0	0	153	10	300	70	0	0
38021000000000	26,437	7,130	5,821	1,590	0	0	2,739	886	5,217	1,256	0	0	1,125	300	6,283	864	758	190	4,122	946	1,524	726	12,238	500
380210000000000	21,778,125	4,754,499	1,261,986	392,297	1,881,528	419,279	2,042,919	429,028	1,803,026	496,178	1,591,798	473,147	2,049,846	415,903	1,693,717	311,232	1,793,796	428,849	2,617,876	504,129	2,828,119	586,216	2,841,977	444,928
3802100000000000	80,389	4,822	9,338	342	6,775	495	1,287	96	13,487	726	1,441	100	2,462	112	6,719	346	13,976	814	14,002	1,209	6,786	412	0	0
38021000000000000	3,299,516	1,205,224	296,462	92,861	224,467	81,211	708,001	293,517	172,448	125,265	292,259	30,888	208,120	173,157	373,467	109,199	641,968	292,156	466,017	102,152	124,756	262,718	226,761	68,099
380210000000000000	195,620	17,423	23,654	16,598	15,748	10,467	15,486	13,065	23,795	24,212	13,732	10,631	16,030	11,780	14,028	10,518	29,055	32,893	30,162	23,884	6,706	14,172	6,524	4,469
3802100000000000000	276,156	84,724	13,299	3,368	20,420	3,409	23,741	7,820	31,860	9,281	11,669	1,716	9,222	17,399	39,829	4,793	29,024	6,380	39,034	6,203	0	0	0	0
38021000000000000000	477,268	32,978	24,919	216	49,276	2,949	66,491	5,002	69,209	2,642	26,829	1,294	22,838	1,006	94,956	6,475	6,977	1,693	199,272	19,389	14,977	872	16,174	828
380210000000000000000	2,137,178	124,229	97,070	4,829	147,910	10,791	164,288	3,467	227,177	11,527	253,421	12,294	419,894	14,956	173,237	11,764	106,256	13,157	308,688	18,619	78,187	4,363	167,940	11,563
3802100000000000000000	23,940	5,077	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,940	5,077	0	0
38021000000000000000000	17,554	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
380210000000000000000000	12,029	883	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3802100000000000000000000	64,493,882	4,998,091	2,347,168	396,967	6,911,606	342,783	4,399,017	378,826	4,514,804	462,281	3,244,466	386,962	5,929,193	711,996	6,824,915	477,722	4,281,497	361,969	8,826,761	329,919	3,903,422	626,996	5,462,026	413,749
38021000000000000000000000	48,174,874	2,548,879	1,914,327	110,474	5,377,207	226,722	6,939,322	278,026	2,129,029	142,796	1,410,499	112,933	4,629,142	254,118	4,397,287	226,190	3,929,742	293,168	6,329,742	319,026	6,036,732	315,908	6,915,448	397,959
380210000000000000000000000	63,071,900	13,946,096	4,361,362	1,091,980	4,683,751	1,076,189	7,294,709	1,729,318	4,442,160	1,026,686	5,029,673	1,236,476	9,716,870	2,272,160	7,149,483	1,949,749	6,148,117	6,989,793	5,491,261	5,022,156	9,996,744	1,176,117	9,204,468	698,828
3802100000000000000000000000	191,846	144,312	16,800	11,758	23,263	16,289	21,719	2,269	25,293	18,541	24,429	16,914	16,907	1,600	877	660	46,029	36,363	2,864	1,529	5,096	2,792	31,217	24,247
380210000000000000000000000000	20,493,056	38,924,498	1,696,021	2,896,421	2,398,464	3,938,547	1,924,195	8,879,192	1,538,821	2,769,307	1,436,026	2,072,774	1,990,417	3,723,282	2,020,888	4,117,845	2,126,385	4,291,389	1,881,663	3,076,763	17,227,447	3,449,726	1,920,738	3,790,210

Figura 14 - Importaciones por partida de Comercio General Periodo 2020 - 2022

Total Annual (2020)		Total Annual (2021)		Total Annual (2022)	
Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen
595,117	515,710	2,714,012	933,901	3,771,804	1,226,574

Figura 15 - Ficha técnica de carbón activado procedente de coco



## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O EL PREPARADO.

### 1.1 Identificación de la sustancia o el preparado.

Nombre: Carbón activo.

### 1.2 Sinónimos.

ACETYLENE BLACK; ACETYLENE CARBON BLACK; ACTIVATED CARBON; ACTIVATED CARBON DARCO G-60; ACTIVATED CHARCOAL; ACTIVATED CHARCOAL NORIT; ACTIVATED CHARCOAL NORIT(R); CALGON CPG; CARBO ACTIVATUS; CARBON CARBON 84; CARBON, ACTIVATED; CARBON ATOMIC ABSORPTION STANDARD CARBON BLACK; CARBON BLACK, ACETYLENE; CARBON, DECOLORIZING; CARBON, DECOLORIZING DARCO(R); CARBON, DECOLORIZING NORIT(R) A; CARBON, DECOLORIZING NUCHAR(R) S-N; CARBON FELT

## 2. DESCRIPCIÓN

Aspecto: Polvo.

Color: Negro.

Origen: Vegetal

Origen geográfico: Sri Lanka

Parte de la planta usada: Cáscara del coco

Método obtención: El carbón es producido por un proceso de alta temperatura. El proceso de activación implica el uso de solo métodos físicos (vapor, temperatura > 900 ° C durante 10-12 h).

## 3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES.

CAS: 7440-44-0

EC: 231-153-3

INCI: Carbon

## 4. DATOS FÍSICO-QUÍMICOS.

Proceso de activación: Realizado utilizando únicamente métodos físicos (vapor, temperatura > 900°C durante 10-12h)

Densidad: 510 Kg/m<sup>3</sup>

Área específica: 1050m<sup>2</sup>/g

pH: 8,0 - 11,0

Humedad: ≤5%

Cenizas:  $\leq$  5%  
Iodo:  $\geq$  1000 mg/g  
Granulometría:  
<100 USS (0,15mm): 95-100%  
<200 USS (0,075mm): 80-95%  
<300 USS (0,045mm): 65-85%

## 5. PROPIEDADES/USOS.

Es muy adecuado para una amplia gama de aplicaciones tales como la decoloración y purificación de los productos farmacéuticos y los productos químicos orgánicos, en donde se requiere el uso de aditivos de gran pureza.

También como portador de catalizador de metales preciosos, debido a su área de superficie total en combinación con su contenido de partículas finas.

Tiene una muy alta capacidad de adsorción, dedicada a obtener líquidos incoloros o cristales de color blanco.

Carbón activado microporoso con alta absorción superficial.

Apto para uso alimentario. Food grade.

Puede utilizarse para la eliminación de los gases intestinales, así como para provocar un efecto reductor de los niveles de colesterol en sangre.

El Reglamento CE 1935/2004 no es aplicable para el uso previsto del producto en la industria de procesamiento de alimentos, ya que se utiliza como ayudante en la purificación y separado del producto alimenticio después del contacto.

## 6. DOSIFICACIÓN.

Para desordenes relacionados con el meteorismo: 500-1000mg, a demanda.

Para control del nivel de colesterol: de 5 a 8 g, 2-3 veces al día.

El carbón activado debe suministrarse con un vaso de agua, y no debe utilizarse dos horas antes o después de la toma de medicamentos, comidas o productos de herboristería.

## 7. OBSERVACIONES.

Almacenamiento: Almacenar en sitio fresco al abrigo de la luz dentro de envases llenos y cerrados, en lugares secos y ventilados.

Aditivos: No contiene aditivos.

Alérgenos: Libre de alérgenos.

Figura 16 - Ficha técnica de carbón activado artificial

<b>Norit GAC 1240 W</b>			Water
<p>Norit GAC 1240 W is a granular activated carbon, which is suitable in a wide range of applications such as purification of (potable) water and industrial process liquids. Norit GAC 1240 W is very suitable for removal of f.i. natural organics, pesticides, detergents, chlorinated solvents and compounds causing taste and odour problems. Norit GAC 1240 W is produced by steam activation of coal; its superior hardness makes it particularly suited for thermal reactivation.</p> <p>Norit GAC 1240 W meets the requirements of the U.S. Food Chemicals Codex (6th edition, 2008) and the Drinking Water Standard EN 12915 (European Normalisation, 2003).</p>			<b>Document No.</b>
			124WD
			<b>Product / Application</b>
			Granular activated carbon
			<b>Version</b>
			11 June 2009
			<b>Norit Nederland BV</b>
			Nijverheidsweg-Noord 72 3812 PM Amersfoort P.O. Box 105 3800 AC Amersfoort The Netherlands T: +31 33 46 48 911 F: +31 33 46 17 429 E: sales@norit.com I: www.norit-ac.com
SPECIFICATIONS			
<b>Iodine number</b>	<b>min. 950</b>	<b>-</b>	
<b>Particle size &gt; 12 mesh (1.70 mm)</b>	<b>max. 10</b>	<b>mass-%</b>	
<b>Particle size &lt; 40 mesh (0.425 mm)</b>	<b>max. 5</b>	<b>mass-%</b>	
<b>Moisture (as packed)</b>	<b>max. 5</b>	<b>mass-%</b>	
GENERAL CHARACTERISTICS			
Iodine number	975	-	
Methylene blue adsorption	20	g/100 g	
Total surface area (B.E.T.)	1100	m <sup>2</sup> /g	
Apparent density	470	kg/m <sup>3</sup>	
Density backwashed and drained	420	kg/m <sup>3</sup>	
Ball-pan hardness	97	-	
Effective Size D <sub>10</sub>	0.6-0.7	mm	
Uniformity coefficient	1.7	-	
Ash content	12	mass-%	
Water soluble Ash	0.1	mass-%	
pH	alkaline	-	
Dechlorination halving value	2.5	cm	

Figura 17 - Ficha técnica de carbón activado polvo de origen vegetal

	<b>QR MINERALES, S. A. DE C. V.</b>
<b>ENERO 2022</b>	<b>MRQ-I-02 ANEXO B</b>
<b>ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO TERMINADO</b>	
<b>CARBON ACTIVADO POLVO</b>	
<b>DESCRIPCION:</b>	
Carbón de origen vegetal con una estructura porosa, lo que le confiere un elevado poder de adsorción.	
<b>APLICACIONES:</b>	
Refinación de azúcar y glucosa, eliminación de olor y color indeseables en grasas, aceites y bebidas alcohólicas, purificación de productos alimenticios y farmacéuticos.	
<b>PRESENTACION Y ALMACENAMIENTO:</b>	
Se envasa en sacos de papel con 10 kg. neto y se estiba en tarimas de madera en lugar seco y bajo techo.	
<b>GRANULOMETRIA</b>	
Malla + 20	5 % Máximo.
Malla - 20	95 % Mínimo.
<b>CARACTERISTICAS FISICAS</b>	
Apariencia	Granular a fino
Color	Negro
Densidad aparente	0.35 g./ml.
Humedad	12 % Máximo
<b>CARACTERISTICAS QUIMICAS</b>	
Adsorción de melazas	80 Mínimo
Adsorción de yodo	78 Mínimo
Cenizas	22 % Máximo
pH	4.0-7.5

Figura 18 - Ficha técnica de carbón activado granular de origen vegetal

	<b>QR MINERALES, S. A. DE C. V.</b>	
	<b>ENERO 2022</b>	<b>MRQ-I-02 ANEXO B</b>
<b>ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO TERMINADO</b>		
<b>CARBON ACTIVADO GRANULAR</b>		
<b>DESCRIPCION:</b>		
Carbón de origen vegetal con una estructura porosa, lo que le confiere un elevado poder de adsorción.		
<b>APLICACIONES:</b>		
Refinación de azúcar y glucosa, eliminación de olor y color indeseables en grasas, aceites y bebidas alcohólicas, purificación de productos alimenticios y farmacéuticos.		
<b>PRESENTACION Y ALMACENAMIENTO:</b>		
Se envasa en sacos de papel con 10 kg. neto y se estiba en tarimas de madera en lugar seco y bajo techo.		
<b>GRANULOMETRIA</b>		
Malla + 10	5 % Máximo.	
Malla - 10	95 % Mínimo.	
<b>CARACTERISTICAS FISICAS</b>		
Apariencia	Granular fino	
Color	Negro	
Densidad aparente	0.35 g./ml.	
Humedad	12 % Máximo	
<b>CARACTERISTICAS QUIMICAS</b>		
Adsorción de melazas	80 Mínimo	
Adsorción de yodo	78 Mínimo	
Cenizas	22 % Máximo	
pH	4.0-7.5	

Figura 19 - Comparación de propiedades del carbón activado

Ficha técnica de los diferentes tipos de carbón	Encino	Artificial	Coco	Bambú
Propiedades				
Polvo fino	Malla No. 40/60	Malla No. 40	Malla No. 40	Malla No. 60
Tamaño de Partícula	< 0.149 mm	1.70mm 0.425mm	0.15 mm 0.075mm 0.045mm	1.70mm 0.425mm
Area Superficial	1300 m2/g	1110 m2/g	1050 m2/g	78 m2/g
Bajo contenido de cenizas	8%-9%	12%	<5%	22%
PH neutral ó Alcalino	Alcalino	Alcalino	Alcalino	Neutral
Bajo % de humedad	8%-13%	10%	<5%	< = 10%
Capacidad de absorción	Alta	Alta	Alta	Alta
Procedencia vegetal	Si	No	Si	Si
Temperatura de activación	>800C	-	>900C	>900C

Figura 20 - Empresas productoras y comercializadoras

No.	Empresa	Materia que proviene el carbón	Normas de calidad	Presentación	Precio	Numero telefónico	Tipo de industria
1	Lingua	Coco	Polvo fino	Bolsa 500 gr Frasco	Q.75 Q.86	5646-0750 2331-5577	Productos naturales
2	Quinfica	Coco	Polvo fino	Kilo 1/2 kilo	Q.99 Q.49.50	2308 - 4444	Productora
3	ECO-TEC	No es orgánico	Dureza Numero de yodos	25 kilos	Depende de la funcion	6634 - 3742	Productora / Filtración de agua
4	VYMPas	Bambú	Polvo fino	1lb 2lb 3lb	Q.100 Q.180 Q.250		Cosmética
5	Dijin	Coco	Polvo fino	50g	45Q	3721 - 0515	Cosmética
6	Carbón activado GT	Coco	Polvo fino	1 lb	55Q	3032 - 3653	Cosmética
7	EWS (WATER TREATMENT DEPOT)	No indico	Normativas de RTCA	Capsulas		6634 - 3737	Filtración de agua
8	Julalups	Coco	Polvo fino	2 lb	125Q	5627 - 9974	Productora
9	30 aquasistemas	Coco	Altas resistencias mecánicas Bajo contenido de cenizas Tamaño de partícula 8x30	55 lb	985Q	2387 - 5500	Productora / Filtración de agua
10	Del Caribe	Bambú	Polvo fino PH neutral	2.20 lb	59Q	2326 - 6666 5393 - 9393	Productora
11	Farmacia cruz verde	Madera		1 lb	Q 32.69	1782	Farmacéutica
12	Meycos	Coco	Polvo fino	400 gr / 0.90 lb	Q 32.69	1722	Farmacéutica / Cosmética
13	Grupo MR	Artificial		Mascarilla	Q 15.00	2328 - 5600	Distribuidora
14	Merck	Madera	Ph Pérdida de agua Alta Absorción	Caja de carton	-	502 241 02300	Productora
15	COMERSA	Madera	Granulado Malla 80 o mayores	Costales	Depende de la funcion	6641 - 7201	Productora

Figura 21 - Consulta técnica empresa distribuidora de carbón activado

El vie, 16 sept 2022 a las 15:29, DANIEL BARCO SOLARES (<bar17251@uvg.edu.gt>) escribió:

Buenas tardes, mi nombre es Daniel Barco y actualmente me encuentro en el último año de la carrera de ingeniería industrial. Como parte de finalización debo de realizar una tesis y el tema que escogí es sobre **carbón activado**. ¿Podrían resolver estas dudas por favor?

- ¿De qué material viene su **carbón**? VEGETAL
- ¿Aproximadamente cuánto producen mensualmente? NOSOTROS NO LO PRODUCIMOS . DE LA MATERIA PRIMA HACEMOS CAPSULAS
- ¿Qué normas de calidad exigen en su producto? NORMATIVA SEGUN RTCA DE PRODUCTOS NATURALES MEDICINALES

C. Resultados obtenidos del trabajo de graduación de “Producción de carbón activado a partir de madera de pino y encino” por Carlos Grajeda

Figura 22 - *Resultados de porcentaje de humedad, densidad aparente y pH de carbón activado a partir de encino con activación física*

Muestra de carbón activado	Humedad, % ±0.008	Densidad aparente, g/cm <sup>3</sup> ±0.0127	pH, 25 °C ±0.001
1	12.500	0.366	8.96
2	13.180	0.367	8.954
3	13.870	0.374	8.975
4	12.300	0.362	8.968

Figura 23 - *Rendimiento de obtención de carbón activado a partir de encino con activación física*

Muestra de carbón activado	Rendimiento, % ±0.20
1	27.1
2	28.1
3	27.2
4	27.5

Figura 24 - *Distribución de partícula de carbón activado a partir de encino con activación física*

Mesh No.	Abertura, mm	% de Carbón Activado, ±0.04
20	0.841	0.66
30	0.595	2.35
45	0.354	8.48
60	0.25	8.16
80	0.177	10.48
100	0.149	6.65
Finos	< 0.149	63.22

Figura 25 - Numero de yodo para carón activado a partir de encino con activación física.

Muestra	Número de yodo, mg yodo, g carbón ±5
1	1353
2	1363
3	1348
4	1345

D. Desarrollo de Simio Simulation

Figura 26 - Tabla de secuencia de secuencia en SIMIO

Proceso	Proceso_CA	Tiempo (Minutes)
1	Bodega_MP	30
2	Corte	90
3	Molienda	30
4	Bodega_MPP	5
5	Carbonización	690
6	Activación	690
7	Enfriamiento	1440
8	Bodega_MPP	5
▶ 9	Molienda	10
10	Tamizado	6
11	Inspección1	10

Figura 27 - Asignación de tabla de secuencia a Entity "Batch"

Proceso	Proceso_CA	Producto	Secuencia	Tiempo_tabla	Peso
▶ 1		Batch	Proceso	↻ Proceso.Tiempo	100

Figura 28 - Resultado de la simulación SIMIO

Object Type ▲ ▾	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▾	Data Item ▾ ▹	Statistic ▲	Average Total					
Combiner	Etiquetado	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	17.2458					
					Occurrences	8.0000					
					Percent	78.3902					
					Total (Hours)	137.9667					
				TimeProcessing	Average (Hours)	5.4333					
					Occurrences	7.0000					
					Percent	21.6098					
					Total (Hours)	38.0333					
	Lenado	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	19.0825					
					Occurrences	8.0000					
				TimeProcessing	Percent	86.7384					
					Total (Hours)	152.6597					
ContainerEntity	Batch	[Population]	Throughput	NumberDestroyed	Total	7.0000					
				NumberCreated	Total	8.0000					
	Emptier	Carbonización	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	21.9854				
						Occurrences	8.0000				
						Percent	99.9337				
						Total (Hours)	175.8833				
					TimeProcessing	Average (Hours)	0.0167				
						Occurrences	7.0000				
Percent						0.0663					
Total (Hours)						0.1167					
Filler						Filler1	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	0.0023
										Occurrences	8.0000
	Percent	0.0107									
	Total (Hours)	0.0188									
	TimeProcessing	Average (Hours)	21.9977								
		Occurrences	8.0000								
		Percent	99.9893								
		Total (Hours)	175.9812								
ModelEntity	Bolsas	[Population]	Throughput	NumberDestroyed	Total	6846.0000					
				NumberCreated	Total	6846.0000					
	Unidad	[Population]	Throughput	NumberDestroyed	Total	6846.0000					
				NumberCreated	Total	6846.0000					
Separator	Inspección1	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	21.9999					
					Occurrences	8.0000					
					Percent	99.9997					
					Total (Hours)	175.9994					
				TimeProcessing	Average (Hours)	0.0001					
					Occurrences	7.0000					
					Percent	0.0003					
					Total (Hours)	0.0006					

Server	Activación	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	47.7500
					Occurrences	2.0000
					Percent	54.2614
					Total (Hours)	95.5000
				TimeProcessing	Average (Hours)	80.5000
					Occurrences	1.0000
					Percent	45.7386
					Total (Hours)	80.5000
	Bodega_MP	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	176.0000
					Occurrences	1.0000
					Percent	100.0000
					Total (Hours)	176.0000
	Bodega_MPP	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	176.0000
					Occurrences	1.0000
					Percent	100.0000
					Total (Hours)	176.0000
Bodega_PF	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	0.0729	
				Occurrences	2283.0000	
				Percent	94.6173	
				Total (Hours)	166.5265	
			TimeProcessing	Average (Hours)	0.0042	
				Occurrences	2282.0000	
				Percent	5.3827	
				Total (Hours)	9.4735	
Server	Bodega_PF	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	9.4735
	Corte	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	82.7500
					Occurrences	2.0000
					Percent	94.0341
					Total (Hours)	165.5000
				TimeProcessing	Average (Hours)	10.5000
					Occurrences	1.0000
					Percent	5.9659
					Total (Hours)	10.5000
	Enfriamiento	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	40.0000
					Occurrences	2.0000
					Percent	45.4545
					Total (Hours)	80.0000
				TimeProcessing	Average (Hours)	96.0000
					Occurrences	1.0000
					Percent	54.5455
Total (Hours)					96.0000	
Inspección2	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	0.2833	
				Occurrences	621.0000	
				Percent	99.9669	
				Total (Hours)	175.9417	
			TimeProcessing	Average (Hours)	0.0001	
				Occurrences	620.0000	
				Percent	0.0331	
				Total (Hours)	0.0583	

Server	Molienda	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	11.4222
					Occurrences	15.0000
					Percent	97.3485
					Total (Hours)	171.3333
				TimeProcessing	Average (Hours)	0.3333
					Occurrences	14.0000
	Pesado	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	17.9167
					Occurrences	8.0000
					Percent	81.4394
					Total (Hours)	143.3333
				TimeProcessing	Average (Hours)	4.6667
					Occurrences	7.0000
Sellado	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	17.2458	
				Occurrences	8.0000	
				Percent	78.3902	
				Total (Hours)	137.9667	
			TimeProcessing	Average (Hours)	5.4333	
				Occurrences	7.0000	
Tamizado	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Average (Hours)	21.9125	
				Occurrences	8.0000	
				Percent	99.6023	
				Total (Hours)	175.3000	
			TimeProcessing	Average (Hours)	0.1000	
				Occurrences	7.0000	
				Percent	0.3977	
				Total (Hours)	0.7000	