

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



**ELABORACIÓN DE CARBÓN A PARTIR DE RESIDUOS EN INDUSTRIAS
FORESTALES CÓRDOBA**

DOCUMENTO DE PASANTÍA PARA OBTENER
EL TÍTULO DE TÉCNICO SUPERIOR FORESTAL

Fernando André Vidal Arispe

COCHABAMBA – BOLIVIA

2025

Resumen

Elaboración de carbón vegetal a partir de residuos en Industrias Forestales Córdoba

La presente pasantía se desarrolló en el aserradero de Industrias Forestales Córdoba (IFC), ubicado en la localidad de Ixiamas, provincia Abel Iturralde, La Paz - Bolivia. El objetivo fue sistematizar el proceso de elaboración de carbón vegetal a partir de residuos maderables generados en la transformación primaria de la madera.

Se aplicó una metodología basada en observación participativa y registro de datos cuantitativos y cualitativos. Se clasificaron y recolectaron residuos como aserrín, cantones, despuentes y aletones, utilizando principalmente madera de almendrillo (*Dipteryx odorata*) con un 12% de humedad y una densidad de 0.96 g/cm³. Además, se emplearon tablas de mapajo (*Ceiba pentandra*) para el cercado del horno, aunque no fueron consideradas como parte del residuo transformado.

El proceso incluyó la construcción de un horno artesanal tipo montículo, con dimensiones de 20 × 10 × 1.8 m, que fue cargado, sellado y monitoreado manualmente. La extracción del producto (carbón) empezó a los 9 días, seguida por el rastrillaje nocturno y la clasificación del carbón vegetal.

A partir de 241,920 kg de biomasa procesada, se obtuvieron 14,190 kg de carbón vegetal en un lapso de 20 días, con un rendimiento del 5.87%. El 96% del producto final fue de primera y segunda calidad, lo que demuestra un manejo técnico adecuado.

Palabras clave: Carbón vegetal, Pirólisis, Eficiencia, Sostenibilidad, Residuos maderables

Abstract

This internship was carried out at the sawmill of Industrias Forestales Córdoba (IFC), located in the town of Ixiamas, Abel Iturralde Province, La Paz – Bolivia. The objective was to systematize the process of charcoal production from wood residues generated during the primary transformation of timber.

A methodology based on participatory observation and the recording of both quantitative and qualitative data was applied. Residues such as sawdust, offcuts, slabs, and trimmings were classified and collected, using mainly almond wood (*Dipteryx odorata*) with 12% moisture content and a density of 0.96 g/cm³. In addition, boards of *Ceiba pentandra* (locally known as mapajo) were used to build the oven enclosure, although they were not considered part of the transformed biomass.

The process included the construction of an artisanal mound-type kiln, measuring 20 × 10 × 1.8 m, which was manually loaded, sealed, and monitored. The product (charcoal) was extracted after nine days, followed by night raking and classification of the final product.

From a total of 241,920 kg of processed biomass, 14,190 kg of charcoal were obtained over a period of 20 days, resulting in a yield of 5.87%. Ninety-six percent of the final product was classified as first and second quality, demonstrating adequate technical management throughout the process.

Keywords: Charcoal, Pyrolysis, Efficiency, Sustainability, Wood residues

I. INTRODUCCIÓN

En la transformación primaria de la madera en las distintas industrias forestales genera una gran cantidad de residuos, como aserrín, virutas, recortes, leña y ramas, los cuales muchas veces no reciben un manejo adecuado, provocando acumulación, contaminación y desaprovechamiento de recursos valiosos.

La gestión de residuos sólidos es una de las tareas más difíciles para las autoridades distritales, provinciales y regionales, debido a la creciente generación de residuos, la manipulación y gestión inadecuadas de los mismos, la insuficiencia de conocimientos técnicos y la falta de conciencia pública. En todo el mundo, las personas abandonan magnitudes crecientes de residuos, y su composición es muy compleja (Chandrappa y Das, 2012).

El uso de residuos maderables con fines de generación de nuevos materiales puede tener grandes beneficios económicos y hacia el medio ambiente. La conversión de biomasa por el proceso de pirólisis, transformación termoquímica en ausencia de oxígeno, en forma lenta o procesos de carbonización favorecen la conversión, de biomasa hacia sólidos, mientras que el pirólisis rápido es aplicado para altas conversiones a líquidos. Bajo las condiciones de carbonización también se generan productos como gas no condensable y biolíquidos los cuales pueden ser utilizados como energía para el mismo proceso de conversión (Stresov et al., 2007).

El carbón producido por pirólisis ha sido asociado como fuente de energía, como carbón reductivo para el proceso del acero, en años recientes el uso del carbón pirolítico se ha ampliado de manera drástica. (Stresov et al., 2007., Pandolfo et al., 2006).

En un contexto donde la sostenibilidad es primordial para el desarrollo industrial y ambiental, la valorización y utilización de estos residuos, en este caso específico a través de su conversión de biomasa en carbón vegetal se presenta como una alternativa eficiente y responsable con el medio ambiente y la empresa.

Este proceso no solo permite reducir la cantidad de desechos generados en las industrias forestales, sino que también ofrece una solución con múltiples beneficios económicos y ambientales.

El carbón vegetal obtenido mediante pirólisis es un producto con alto poder calorífico, ampliamente utilizado como fuente de energía en industrias, cocción de alimentos y producción de acero, entre otros usos. Su producción a partir de residuos forestales permite evitar la sobreexplotación de bosques para la obtención de leña y carbón, contribuyendo así a la preservación de los ecosistemas. Además, en comparación con la quema incontrolada de desechos, este proceso reduce las emisiones de gases contaminantes y minimiza los impactos ambientales negativos.

En la localidad de Ixiamas, ubicada en el departamento de La Paz, Bolivia, la actividad forestal es una de las principales fuentes económicas, junto con la agricultura y la ganadería.

El aserradero de la Industria Forestal Córdoba (IFC), situado en la Avenida Bolívar, kilómetro 2 de esta comunidad, genera un volumen considerable de residuos de madera que pueden ser aprovechados en la producción de carbón vegetal. Implementar un proceso eficiente para la conversión de estos desechos no solo contribuiría a una mejor gestión ambiental, sino que también podría generar oportunidades económicas adicionales, ya sea para autoconsumo o comercialización del producto final.

A través de la clasificación de residuos, determinación de medidas adecuadas, análisis de tiempos y cuantificación del producto final, se busca establecer una metodología que optimice el rendimiento del proceso y promueva el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales.

Al aplicar este enfoque, se fomenta la economía circular en la región, reduciendo desperdicios y mejorando la eficiencia en el manejo de los subproductos de la

industria maderera.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Sistematizar un proceso eficiente para la elaboración de carbón a partir de residuos generados de un aserradero en este caso de la empresa IFC, iniciando con la clasificación de los materiales disponibles, estableciendo criterios de medición adecuados para la producción, estructurando un sistema con tiempos y evaluando la cantidad del producto obtenido.

1.1.2. Objetivos específicos

- Clasificar los residuos y determinar el peso

Se clasificará los distintos tipos de residuos generados en el aserradero, considerando principalmente los potenciales a utilizar en la producción de carbón. Además, se cuantificará el peso de los residuos a disponer para el proceso.

- Evaluar las unidades de medida a usar

Medir parámetros identificados para los residuos y para el proceso de elaboración del carbón.

- Sistematizar el proceso de obtención del carbón

Se documentará cada “fase” del proceso de carbonización, considerando los tiempos de producción y se analizarán los factores que influyen en la duración del proceso.

- Analizar comparativamente el carbón producido

Comparar las cantidades producidas de carbón con relación a la materia prima inicial (residuos).

Índice

I.	INTRODUCCION.....	1
1.1	Objetivos	
1.1.1	Objetivo general.....	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1	Residuos como se produce.....	4
2.2	Residuos.....	4
2.3	El proceso de pirolisis.....	4
2.4	Tipos de hornos para obtener carbón mediante pirolisis.....	4
2.4.1	Hornos tradicionales	4
2.4.2	Hornos mejorados.....	5
2.5	carbón vegetal.....	6
2.6	Rendimiento.....	6
2.7	Impacto ambiental.....	6
2.8	Productos adicionales.....	6
2.9	Densidad del almendrillo.....	7
2.10	Corrección por vacíos.....	7
3	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	Ubicación.....	9
3.2	Materiales y equipos.....	11
3.3	Metodología.....	12
3.3.1	Enfoque y método.....	12
3.3.2	Fases de la elaboración.....	12
4	RESULTADOS.....	14
4.1	Clasificación y peso de residuos.....	14
4.1.1	Clasificación de residuos.....	14
4.1.2	Determinación de peso.....	14
4.2	Sistematización del proceso de obtención del carbón.....	15
4.2.1	Etapas 1: Preparación de residuos y horno.....	15

4.2.1.1	Recolección y clasificación de residuos.....	15
4.2.1.2	Preparación del horno.....	16
4.2.2	Etapa 2: Carga, Sellado, Encendido Y Monitoreo del proceso de carbonización.....	17
4.2.2.1	Carga y sellado.....	17
4.2.2.2	Encendido.....	18
4.2.2.3	Monitoreo.....	19
4.2.3	Etapa 3: Rastrillaje de extracción, clasificación Y Almacenamiento.....	19
4.2.3.1	Rastrillaje (extracción).....	20
4.2.3.2	Clasificación.....	21
4.2.3.3	Almacenamiento.....	22
4.3	Análisis del rendimiento comparativo del carbón producido.....	24
5	DISCUCIONES.....	26
6	CONCLUSIONES.....	27
6.1	Clasificación y determinación del peso de los residuos.....	27
6.2	Evaluación de las unidades de medida a utilizar.....	27
6.3	Sistematización del proceso de obtención del carbón.....	27
6.4	Análisis comparativo del carbón producido.....	27
7	RECOMENDACIONES.....	28
8	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	31
9	ANEXOS.....	34

Índice de cuadros

CUADRO I. Materiales y equipos.....	11
CUADRO II. Etapas del Proceso de Producción de Carbón Vegetal.....	24
CUADRO III. Relación entre la materia prima utilizada y el carbón producido.....	25
CUADRO IV. Resultados de la producción.....	26

Índice de figuras

FIGURA I. Zona de aserradero; A) Zona de almacenamiento de los residuos; B) Extracción de residuos; C) Residuos prima lista para el transporte a la zona de hornos; D) Zona de almacenamiento de aserrín y viruta.....	15
FIGURA II. Figura 2. Preparación A) Terreno despejo con bases ya establecidas; B) Disponibilidad de materia prima; C) Selección de residuos para la carga.....	16
FIGURA III. Figura 3. Preparación del horno A) Carga manual de residuos; B) Residuos ya organizados para ser cercado; C) Horno cercado; D) Sellado en proceso del horno armado....	18
FIGURA IV. Encendido del horno.....	18
FIGURA V. Monitoreo (humo blanco).....	19
FIGURA VI. Figura 6. Rastrillaje A) Proceso de rastrillaje por operario; B) Carbón extraído con aserrín encima de la malla metálica; C) Carbón rastrillado en proceso de enfriamiento.....	21
FIGURA VII. Clasificación A) Clasificación a mano del producto ya frio; B) Producto de tercera calidad; C) Producto de Segunda calidad; D) Producto de primera calidad.....	22
FIGURA VIII. Producto ya almacenado A) Producto final en saco ; B) Producto calificado listo para ser comercializado	23