



### **III CONFERENCIA INTERNACIONAL EN DESARROLLO ENERGÉTICO SOSTENIBLE**

#### **Título**

**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales  
valorizados para su empleo como combustibles**

#### **Title**

***Feasibility study for the commercialization of valorized forest residues for  
use as fuels***

**Angel M. Rubio-González<sup>1</sup>, Yadira González Barroso<sup>2</sup>, Daniel Quiroga  
Fernández<sup>3</sup>, Manuel A. Rubio Rodríguez<sup>4</sup>, Luis Cabrera Castellanos<sup>5</sup> y  
Ariám Rojas Plana<sup>6</sup>**

- 1- Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales, Cuba.  
arubio@uclv.edu.cu
- 2- Empresa Agroforestal de Villa Clara, Cuba. director\_eaf@eaf.vcl.minag.cu
- 3- Empresa Contratista de la Industria Azucarera, Cuba. dquiroga1956@gmail.com
- 4- Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales, Cuba.  
manuelrr@uclv.edu.cu
- 5- Empresa Contratista de la Industria Azucarera, Cuba. lacc@nauta.cu
- 6- Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales, Cuba. ariamr@uclv.cu

**Resumen:** El empleo de la biomasa forestal, con fines energéticos, es hoy en día una alternativa ampliamente utilizada a nivel internacional, no así en Cuba. El presente estudio tuvo su origen en el interés de la Empresa Agroforestal de Villa Clara de valorizar los subproductos del procesamiento de la madera que ejecuta en varias unidades empresariales de base y en el hecho de que varias empresas de la provincia tienen interés en disponer de ese combustible.



**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

El estudio tuvo como objetivos la concepción y evaluación de variantes de procesamiento y valorización de los subproductos de aserríos y de rolliza, para su empleo como combustible; la ingeniería conceptual de la instalación industrial necesaria y la evaluación preliminar, económica y financiera, de cada una de las variantes.

Fue empleado sobre todo un método cuantitativo a partir de la recolección y análisis de datos numéricos, utilizando herramientas estadísticas para identificar patrones y generalizar efectos.

El principal resultado del estudio fue la identificación de las astillas y las briquetas como productos finales más prometedores económicamente.

La comercialización de la biomasa forestal como combustible para instalaciones industriales de mediano y gran porte es un sector pobremente explotado en el país y ofrece interesantes oportunidades.

**Abstract:** *The use of forest biomass for energy purposes is currently a widely adopted alternative at the international level, but this is not the case in Cuba. The present study originated from the interest of the Villa Clara Agroforestry Company in adding value to the by-products generated from wood processing carried out in several of its basic business units, as well as from the fact that various companies in the province are interested in having access to this type of fuel.*

*The objectives of the study were the design and evaluation of processing and valorization options for sawmill and roundwood by-products for use as fuel; the conceptual engineering of the necessary industrial facility; and the preliminary economic and financial assessment of each option.*

*A quantitative method was primarily used, based on the collection and analysis of numerical data, employing statistical tools to identify patterns and generalize effects.*

*The main result of the study was the identification of wood chips and briquettes as the most economically promising end products.*

*The commercialization of forest biomass as fuel for medium- and large-scale industrial facilities is a poorly developed sector in the country and offers interesting opportunities.*

**Palabras Clave:** Fuentes renovables de energía; Valorización energética; Generación de electricidad

**Keywords:** Renewable energy sources; Energy valorization; Electricity generation



## **1. Introducción**

La biomasa forestal se puede emplear como combustible en diversas actividades, en la generación de electricidad en grandes centrales termoeléctricas, en medianas y pequeñas instalaciones industriales para la generación secuencial de calor y electricidad (cogeneración), para procesos industriales y artesanales y para la calefacción en edificios y viviendas.

El empleo de la biomasa forestal con fines energéticos, y en particular para la generación de electricidad, es importante por varias razones. Primera, la biomasa forestal representa una fuente renovable de energía al aprovechar los residuos de la silvicultura y la madera que de otro modo se desperdiciarían. Este tipo de energía se considera en gran medida neutra en carbono porque el CO<sub>2</sub> emitido durante la combustión es compensado por el CO<sub>2</sub> absorbido durante el crecimiento de las plantas, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Además, la generación de electricidad a partir de biomasa, permite una producción constante y controlable (despachable), lo que facilita su integración como fuente de energía base y contribuye a la reducción global de emisiones de gases de efecto invernadero, en comparación con combustibles fósiles tradicionales. (Bays, 2024; Selivanov, 2023; Yu, 2021)

Por otra parte, la biomasa forestal impulsa beneficios socioeconómicos al fomentar el desarrollo local mediante la creación de empleos ligados al cultivo, la recolección, el procesamiento y el transporte de biomasa, revitalizando economías rurales y locales. La utilización sostenible de los recursos forestales para la generación eléctrica también puede disminuir la dependencia de combustibles fósiles y contribuir a una matriz energética más diversificada y resiliente. Sin embargo, estudios recientes resaltan la necesidad de gestionar cuidadosamente esta actividad para evitar impactos medioambientales negativos como la deforestación, la pérdida de biodiversidad y las emisiones excesivas, que surgen de prácticas no sostenibles o de una gestión forestal inadecuada. (Selivanov, 2023; IEA, 2020).



**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

Internacionalmente el empleo de la biomasa forestal para la generación de electricidad es amplio, sin embargo, en Cuba es muy limitado, de manera importante solo se utiliza en la central térmica Ciro Redondo, en la cual, después del período de zafra azucarera en que opera con bagazo, lo hace con marabú (Rubio y col, 2021). No obstante, lo anterior, existen importantes reservas de biomasa forestal en Cuba (Guyat–Dupuy, 2019; Curbelo, 2020).

El presente trabajo tuvo su origen principalmente en el interés de la Empresa Agroforestal de Villa Clara (EAFVC) de valorizar los subproductos del procesamiento de la madera que ejecuta en varias unidades empresariales de base (UEB) y en el hecho de que varias empresas de la provincia de Villa Clara tienen interés en disponer de ese combustible para generar electricidad y otras producciones.

La finalidad planteada por la empresa, al equipo del proyecto, fue evaluar la posibilidad y conveniencia de producir astillas, briquetas y pellets a partir de los subproductos de la elaboración de la madera.

El estudio tuvo como objetivos la concepción y evaluación de variantes de procesamiento y valorización de los subproductos de aserríos y de rolliza (trocos que no cumplen con las dimensiones para ser aserrados para madera), para su empleo como combustible; la ingeniería conceptual de la instalación industrial necesaria y la evaluación preliminar, económica y financiera, de cada una de las variantes.

## **2. Metodología**

En el presente estudio se aplicó principalmente un método cuantitativo a partir de la recolección y análisis de datos numéricos, utilizando herramientas estadísticas para identificar patrones y generalizar efectos. La metodología empleada se basó en las acciones siguientes:

- Recolección y valoración de la información estadística de la producción histórica de la EAFVC y de sus planes perspectivas de producción, para evaluar



el potencial de materia prima (subproductos) de que se dispondría para la producción.

- Pruebas, en el principal aserrío-carpintería de la EAFVC, para conocer la fracción que se produce de cada uno de los subproductos y su comparación con datos de la empresa para determinar el potencial de producción anual de cada uno de esos residuos.
- Visitas y encuesta a posibles compradores (mercado) de los productos, que incluyeron: empresas azucareras, fábricas de ladrillo, centros educativos con calderas de vapor pirotubulares, panaderías y otros. Se realizaron estudios preliminares sobre mercados internacionales.
- Estudio catastral y evaluación de las instalaciones de la UEB Madeca, principal aserrío-carpintería de la EAFVC. Se evaluó: áreas disponibles, accesos, suministros de energía, etc.
- Trabajo del equipo de expertos para la definición de la ingeniería conceptual. Esto incluyó el estudio de varias plantas similares ubicadas en otros países.
- Evaluación económico financiera.

### **3. Resultados y discusión**

#### **Disponibilidad de biomasa forestal (materia prima) en forma de subproductos**

La EAFVC, perteneciente al Grupo Empresarial Agroforestal, tiene como objeto social el fomento y manejo de los bosques y frutales, el procesamiento industrial y la comercialización de sus productos. La empresa administra un patrimonio de 58 619 hectáreas de las cuales 28 084 ha corresponden a bosques naturales y 17 850 ha a los artificiales que incluyen 16 972 ha en plantaciones establecidas y 877 ha para las jóvenes, reconociéndose como áreas desforestadas e inforestadas 12 684 ha. Está ubicada en un territorio con relieve heterogéneo con llanura al oeste y norte de la provincia y una zona accidentada al centro y al sur, donde aparecen relieves desde ondulados hasta zonas montañosas, pero con alturas no superiores a los 800 m. La empresa cuenta con 12 UEB y tiene una plantilla aprobada de 1200 trabajadores.



**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

El estudio de la producción histórica de la EAFVC permitió conocer que su producción máxima ha sido 14 187 m<sup>3</sup> (año 2015) y la producción mínima 7 799 m<sup>3</sup> (año 2022). La producción máxima de subproductos se corresponde, lógicamente, con el año 2025 y fue de 6 882 m<sup>3</sup>. En el período del 2011 al 2022, de la masa inicial de materia prima, se produjeron como promedio 47,4 % de subproductos, pero estos no fueron clasificados como correspondería en: costaneras, aserrín y recorteria de madera. Es preciso mencionar que los subproductos (residuos) se sacan por diferencia entre la materia prima recibida y la madera entregada, además estos productos se miden en m<sup>3</sup> y nunca se pesan. Esto puede llevar a distorsiones de las cifras.

En el año 2024 la EAFVC realizó una prueba para precisar estas cifras históricas, que arrojaron los resultados siguientes: madera obtenida 57,6 % y subproductos 42,4 %.

En ninguna de las informaciones anteriores están clasificados los subproductos. Esto impide conocer el tipo y cantidad de materia prima para elaborar astillas, briquetas o pellets.

Con la finalidad de conocer la disponibilidad por tipo de subproducto de aserrío y carpintería, el equipo de proyecto efectuó en el Aserrío y Carpintería Madeca (de la EAFVC) una prueba clasificando y cuantificando los subproductos obtenidos. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

| <b>Tabla 1 Resultados de la prueba de evaluación de la producción de subproductos</b> |                 |                      |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| <b>Productos</b>                                                                      | <b>Masa (%)</b> | <b>Subproductos</b>  | <b>Masa (%)</b> |
| Tablas (Madera A)                                                                     | 43.7            | Costaneras           | 24.5            |
| Madera B                                                                              | 8.1             | Aserrín              | 11.9            |
| Madera C                                                                              | 9.7             | Recorteria de madera | 2.1             |
| Subtotal                                                                              | 61.5            | Subtotal             | 38.5            |
| Fuente: Elaboración propia                                                            |                 |                      |                 |

En la Tabla 2, con fines comparativos, se presentan los resultados de las tres informaciones disponibles sobre el potencial para la obtención de subproductos.



**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

| Tabla 2 Resumen de cuantificación de subproductos |          |              |
|---------------------------------------------------|----------|--------------|
| Origen                                            | Madera   | Subproductos |
|                                                   | Masa (%) | Masa (%)     |
| Datos históricos                                  | 52.6     | 47.4         |
| Prueba EAFVC                                      | 57.6     | 42.4         |
| Prueba del proyecto                               | 61.5     | 38.5         |
| Fuente: Elaboración propia                        |          |              |

En Mesa Técnica con la dirección de la EAFVC se discutieron estos resultados y se aceptó como los más valederos los del equipo del proyecto, por la calidad de las mediciones, por ser los únicos que clasifican los subproductos y por no estar influidos por ciertos factores que no corresponde evaluar en esta ponencia, pero que sí influyeron en las restantes mediciones.

El plan de corte propuesto para el período 2025 a 2034 es de 7 328 m<sup>3</sup>/año. De aquí procederán los subproductos disponibles. Adicionalmente, se considera cortar un estimado de unos 1500 m<sup>3</sup>/año de madera rolliza, para añadir a los subproductos y aumentar la materia prima. En la Tabla 3 se muestra cuantitativamente la materia prima disponible en forma de subproductos.

| Tabla 3 Subproductos disponibles como materia prima |            |          |                     |
|-----------------------------------------------------|------------|----------|---------------------|
| Origen                                              | Porcentaje | Cantidad | Unidad              |
| Materia Prima para madera (bolos)                   | 100        | 7328     | m <sup>3</sup> /año |
| Materia Prima para madera (bolos)                   | 100        | 6822     | t/año               |
| Costaneras                                          | 24.5       | 1671     | t/año               |
| Aserrín                                             | 11.9       | 812      | t/año               |
| Recortería                                          | 2.1        | 143      | t/año               |
| Rolliza (bolos)                                     | 100        | 1500     | m <sup>3</sup> /año |
| Rolliza (bolos)                                     | 100        | 1397     | t/año               |
| Densidad de la madera                               |            | 931      | kg/m <sup>3</sup>   |
| Fuente: Elaboración propia                          |            |          |                     |



**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

**Alternativas de comercialización de combustibles a base de biomasa forestal, variantes de producción a evaluar y biomasa disponible para cada una.**

Las alternativas de comercialización del combustible a base de biomasa forestal (subproductos de aserríos más rolliza) se consideraron tres como las más prometedoras:

- 1- Venta de astillas a empresas azucareras para la generación de electricidad en días de no molida de caña (tanto en zafra como en no zafra). Este mercado surge a partir de la aprobación de una nueva tarifa de la electricidad más ventajosa.

Características según: Norma Europea UNE-EN ISO 17225-1:2014.

- 2- Venta de pellets en Cuba o en el extranjero, exportación, para procesos de calefacción o producción de vapor con fines industriales. Este mercado en Europa está en expansión y resulta una oportunidad para Cuba.

Características según: Norma Europea UNE-EN ISO 17225-2 de 2021.

- 3- Venta de briquetas a fábricas de ladrillo que hoy emplean leña y a panaderías rústicas.

Características: Diámetro 50 mm y longitud  $\leq 30$  cm

La producción de astillas puede realizarse a partir de las costaneras, la recortería de carpintería y la rolliza (3211 t/año). La producción de pellets y briquetas puede hacerse con todo el material disponible incluyendo el aserrín (4023 t/año). Esto define el potencial de producción, así como predetermina la capacidad necesaria del equipamiento a emplear.

A partir de estas definiciones se consideraron las capacidades siguientes:

- a) Producción solo de astillas. Capacidad de la línea 2 t/h.
- b) Producción solo de pellets o solo briquetas. Capacidad de la línea 3 t/h.
- c) Producción simultánea de astillas y pellets o briquetas. Capacidad 2 t/h de astillas y 1,5 t/h de pellets o briquetas.

En base a estas definiciones se confeccionó la ingeniería conceptual para la planta de producción, la que fue nombrada: Centro de Valorización Energética de Biomasa





**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

Forestal (CEVEBIOF). Y decidida su ubicación en la UEB Madeca, que es el principal aserrío-carpintería de la EAFVC.

### **Ingeniería conceptual**

Dado lo voluminosa de la ingeniería conceptual del proyecto para la construcción y organización del CEVEBIOF, seguidamente se expone solo un resumen del contenido y los principales resultados.

La concepción general del proceso productivo incluyó: recepción, almacenamiento y secado de la materia prima, transformación de la materia prima (subproductos) en combustible en forma de astillas, briquetas o pellets, almacenamiento y secado del combustible producido y creación de condiciones para la venta *in situ*.

Partiendo de las condiciones actuales de la instalación aserrío-carpintería, en la ingeniería conceptual se definieron, dimensionaron y diseñaron: objetos de obra fundamentales (para cada uno se confeccionó una documentación descriptiva que incluyó información cuantitativa y planos), líneas de producción, almacenes y zonas de preparación de la materia prima y áreas e instalaciones auxiliares (accesos, viales, parqueos, etc.).

Se seleccionó el equipamiento básico de las líneas de producción: astilladora (una de 2.0 t/h), briqueteadora (una de 0,4-0,5 t/h) y peletizadora (una de 0,8-1,0 t/h). Se seleccionó también el equipamiento auxiliar: moto sierras (3), mini-cargador multiuso (2) y camiones para la carga (2).

En cuanto al sistema contra incendios se definieron los elementos de una tarea técnica para su contratación a una empresa especializada y aprobación por la Agencia de Protección Contra Incendios (APCI).

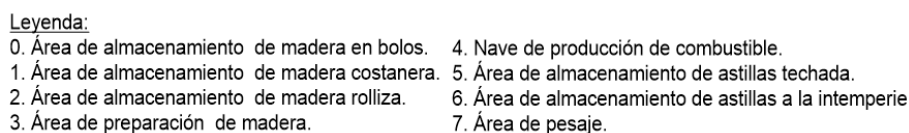
El área ocupada en la actualidad y las áreas y nave disponibles para la instalación del CEVEBIOF se presentan en la Figura 1.



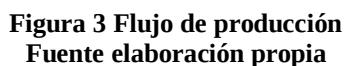
**Figura 1 Áreas ocupadas en la actualidad y las áreas y nave disponible para la  
instalación del CEVEBIOF**

**Fuente: Foto satelital y elaboración propia**

En la Figura 2 se presenta el plan general de la ingeniería conceptual para la creación y funcionamiento del CEVEBIOF. Y en la Figura 3 se muestra un esquema del flujo de producción que será ubicado en la nave actual que ocupa el almacén de insumos. El esquema permite producciones flexibles en cuanto a cantidad de cada uno de los productos a ofertar: astillas, briquetas o pellets.



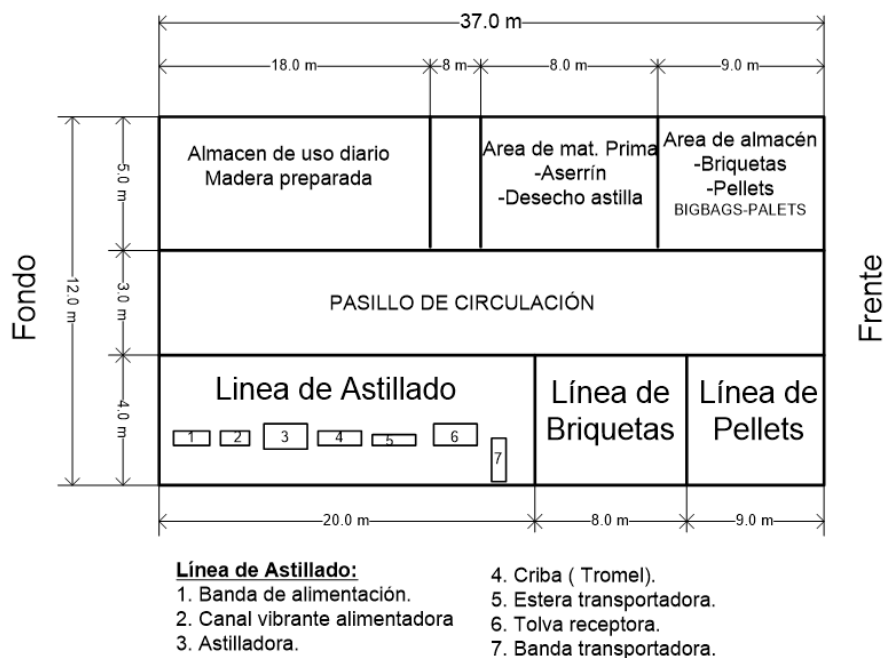
**Figura 2 Plan general del CEVEBIOF**  
Fuente: Elaboración propia





**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

En la Figura 4 se presenta el esquema de la nave de producción (antiguo almacén de insumos) con las líneas para la producción de astillas, briquetas y pellets.



**Figura 4 Esquema de la nave con líneas de producción**  
**Fuente: Elaboración propia**

### **Evaluación de potenciales clientes y posibles precios de venta**

Se realizó un estudio de tres potenciales clientes y de los precios que pudieran aceptar.

a) Empresa Azucarera Abel Santamaría como potencial cliente de astillas para venta de electricidad al SEN.

El precio máximo a pagar por las astillas, para que la generación de electricidad sea un negocio ventajoso para la empresa azucarera, es de 945 CUP/ta. El precio de la electricidad está fijado por el MINEM. La producción de astillas podría cubrir más de 40 días en el año lo que resulta atractivo para el cliente.

b) UEB Chiquitico Fabregat como potencial cliente de astillas para la producción de conservas, confituras y otras producciones menores, generando vapor en una caldera pirotubular.

Considerando que la venta de astillas anteriormente evaluada da un posible precio de 945 CUP/ta, la venta a la UEB debería ser a igual o superior a este precio, pero, este no



**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

resulta atractivo para la UEB pues actualmente operan con leña comprada, a la EAFVC a 365 CUP/tl y a privados a 750 CUP/tl.

c) Fábrica de Ladrillos de Falcón como potencial cliente de briquetas

Con un precio máximo de hasta 2000 CUP/tb, para hornos de 14 000 ladrillos, la sustitución de la leña y el fuel oil con briquetas, es una magnífica oportunidad para el cliente. Con un precio máximo de hasta 487 CUP/tb, para hornos de 5 000 ladrillos, la sustitución de la leña con briquetas, es una buena oportunidad para el cliente. Hay seguridad de abastecimiento para poner en funcionamiento la pareja de hornos de 14000 o la de 5 000 ladrillos.

No se identificaron clientes nacionales para pellets, y las exportaciones tienen una gran limitación en el contenido máximo de ceniza exigido a los pellets, y que viene dado sobre todo por la corteza en los bolos. En Cuba, a diferencia de los países en que se exportan pellets, los bolos no se descortezan antes de aserrarlos.

Partiendo de las materias primas disponibles (subproductos) y la elaboración solo de astillas y briquetas el potencial de producción es: 3211 ta/año de astillas y 1776 tb/año de briquetas.

### **Costos estimados de producción de los productos y costo inversionista**

En el estudio realizado se identificó que en el costo de producción tienen influencia varios aspectos, siendo los decisivos: salarios, energía consumida y precio de la materia prima. Los salarios y la energía se calculan a través de las normativas y tarifas vigentes, pero las materias primas (rolliza, costaneras, aserrín y recortería) tienen la dificultad de que no existen precios oficiales para ellas. Y de esas materias primas la que tienen mayor impacto en el costo es la rolliza. Esto obligó a la realización de un estudio de sensibilidad de los costos de producción y las utilidades por ventas, en función de posibles precios de la rolliza, el que se muestra en la Tabla 4. En dicha Tabla se puede observar que solo a costos de la rolliza iguales o inferiores a 1000 CUP/m<sup>3</sup> se logran utilidades atractivas.



**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

| <b>Tabla 4. Estudio de sensibilidad de costos de producción y utilidades en función de precios de la rolliza.</b> |                    |          |          |         |         |         |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Fuente: Elaboración propia</b>                                                                                 |                    |          |          |         |         |         |         |
| Costo de rolliza                                                                                                  | CUP/m <sup>3</sup> | 1850     | 1400     | 1000    | 800     | 600     | 400     |
| Costo integrado de materia prima                                                                                  | CUP/t              | 1222     | 961.6    | 730.2   | 614.5   | 498.7   | 383     |
| Costo específico de la producción de astillas                                                                     | CUP/t              | 2171     | 1194     | 940     | 812     | 685     | 588     |
| Costo específico de la producción de briquetas                                                                    | CUP/t              | 1955     | 1668     | 1414    | 1287    | 1159    | 1032    |
| Precio de venta de astillas                                                                                       | CUP/t              | 945      | 945      | 945     | 945     | 945     | 945     |
| Precio de venta de briquetas                                                                                      | CUP/t              | 2000     | 2000     | 2000    | 2000    | 2000    | 2000    |
| Producción de astillas                                                                                            | t/año              | 3211     | 3211     | 3211    | 3211    | 3211    | 3211    |
| Producción de briquetas                                                                                           | t/año              | 1776     | 1776     | 1776    | 1776    | 1776    | 1776    |
| Costo anual de la producción de astillas                                                                          | CUP/año            | 6971081  | 3833934  | 3018340 | 2607332 | 2199535 | 1888068 |
| Costo anual de la producción de briquetas                                                                         | CUP/año            | 3472080  | 2962368  | 2511264 | 2285712 | 2058384 | 1832832 |
| Costos anuales totales                                                                                            | CUP/año            | 10443161 | 6796302  | 5529604 | 4893044 | 4257919 | 3720900 |
| Ingresos anuales por astillas                                                                                     | CUP/año            | 3034395  | 3034395  | 3034395 | 3034395 | 3034395 | 3034395 |
| Ingresos anuales por briquetas                                                                                    | CUP/año            | 3552000  | 3552000  | 3552000 | 3552000 | 3552000 | 3552000 |
| Ingresos anuales totales                                                                                          | CUP/año            | 6586395  | 6586395  | 6586395 | 6586395 | 6586395 | 6586395 |
| Utilidades                                                                                                        | MMCUP/año          | -3.85677 | -0.20991 | 1.05679 | 1.69335 | 2.32848 | 2.8655  |
| Utilidades                                                                                                        | %                  | -36.9    | -3.1     | 19.1    | 34.6    | 54.7    | 77.0    |

El costo de la inversión, incluyendo, proyectos, equipos y remodelaciones se estimó en 5 846 000 CUP. Para la conversión de las compras en USD se utilizó una tasa de 24 CUP/USD.

### Evaluación financiera

Los datos base definidos para el estudio financiero se presentan en la Tabla 5.





**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

| Tabla 5 Datos base para el estudio financiero.<br>Fuente: Elaboración propia |          |          |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| Concepto                                                                     | Unidades | Cantidad |
| <b>Datos productivos</b>                                                     |          |          |
| Producción de astillas                                                       | t/año    | 3211     |
| Producción de briquetas                                                      | t/año    | 1776     |
| <b>Datos financieros</b>                                                     |          |          |
| Monto de la inversión                                                        | CUP      | 5845520  |
| Tasa impositiva                                                              | %        | 35       |
| Tasa de descuento                                                            | %        | 10       |
| Duración del proyecto                                                        | años     | 20       |
| Periodo de depreciación                                                      | años     | 20       |

El estudio se realizó para dos condiciones, la primera en que todo el financiamiento lo pone la EAFVC y la segunda solicitando un crédito blando. Una vez procesados los datos, los resultados se resumieron en la Tabla 6.

| Tabla 6 Resultados del estudio financiero<br>Fuente: Elaboración propia |                    |          |         |         |         |          |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|---------|---------|---------|----------|
| Concepto                                                                | Unidades           | Cantidad |         |         |         |          |
| Costo de la rolliza                                                     | CUP/m <sup>3</sup> | 1050     | 1000    | 800     | 600     | 400      |
| Utilidad                                                                | CUP/año            | 900418   | 1056791 | 1693351 | 2328476 | 2865495  |
| <b>Proyecto con financiamiento propio</b>                               |                    |          |         |         |         |          |
| VAN                                                                     | CUP                | 5294     | 794069  | 3996438 | 7191588 | 9893193  |
| TIR                                                                     | %                  | 10.01    | 12.13   | 20.05   | 27.42   | 33.51    |
| PRD                                                                     | años               | 19.9     | 14.2    | 7.0     | 4.7     | 3.7      |
| <b>Proyecto con crédito</b>                                             |                    |          |         |         |         |          |
| Parte del crédito de la inversión total                                 | %                  | 70       |         |         |         |          |
| Interés del crédito                                                     | %                  | 5        |         |         |         |          |
| Tiempo para el pago del crédito                                         | años               | 15       |         |         |         |          |
| VANf                                                                    | CUP                | 999293   | 1788068 | 4990437 | 8185587 | 10887192 |
| PRDf                                                                    | años               | 9.6      | 6.2     | 2.6     | 1.6     | 1.3      |

Para la primera condición (financiamiento propio) el proyecto toma sentido para costos de la rolliza no superiores a los 800 CUP/m<sup>3</sup>. En este caso la TIR es muy buena (20.05 %) y el PRD (7 años) adecuado para una inversión en FRE. Para la segunda condición (proyecto con crédito) el proyecto toma sentido para costos de la rolliza no superiores a los 1050 CUP/m<sup>3</sup>. En este caso el PRDf (9.6 años) resulta algo alto para una inversión tan pequeña en FRE.

La mejor alternativa parece ser la segunda condición (proyecto con crédito) definiendo un costo para la rolliza no superior a los 1000 CUP/m<sup>3</sup>. En este caso el PRDf (6.2 años)



**V Convención Científica Internacional UCLV 2025**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Estudio de oportunidad para la comercialización de residuos forestales valorizados**  
**para su empleo como combustibles**

resulta muy bueno para una inversión en FRE. Con estas condiciones las utilidades son de 19,1 %, valor aceptado para este tipo de empresa.

#### **4. Conclusiones**

Se logró realizar una evaluación de variantes de procesamiento y valorización de los subproductos de aserríos y de rolliza, para su empleo como combustible y se formuló la ingeniería conceptual de la instalación industrial necesaria y la evaluación preliminar, económica y financiera, de cada una de las variantes.

Un importante resultado del estudio fue la identificación de las astillas y las briquetas como productos finales más prometedores económicamente.

Se demostró que el proyecto de construcción de un CEVEBIOF es financieramente factible siendo la mejor opción la inversión mediante un crédito blando (70 % de la inversión) con 5 % de interés y pago en 15 años, alcanzándose un PRDf de 6,2 años y utilidades de 19,1 %.

#### **5. Referencias bibliográficas**

- 1- Bays, H.C.M.; Chad B.; Conrad, J.L.; Munro, H.L., Barrett, S.M., Peduzzi, A. Assessing the sustainability of forest biomass harvesting practices in the southeastern US to meet European renewable energy goals. Rev. Biomass and Bioenergy. Volume 186, July 2024, 107267.
- 2- Guyat-Dupuy, M.A.; Plá-Duporté, M.; Arango-Hernandez, M. Evaluación de la biomasa disponible para la generación de energía en Cuba. Rev. Forestal Baracoa. Vol. 38. Pag. 7-12 (2019).
- 3- Curbelo Alonso, A.; Garea Moreda, B. Contribución de la biomasa no cañera a la generación de electricidad en Cuba. (2020).  
<https://www.fao.org/4/t2363s/t2363s0i.htm>.
- 4- IEA Bioenergy. Bulletins. The use of forest biomass for climate change mitigation: dispelling some misconceptions.





<https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/the-use-of-forest-biomass-for-climate->

- 5- Rubio-Gonzalez, A. y col. Propiedades del marabú (*Dichrostachys Cinerea* L.) cosechado con máquinas, como combustible para la generación de electricidad. *Rev. Centro Azúcar* Vol 48, No 1, Pag. 93-104. (2025).
- 6- Selivanov, Egor. Cudlín, Pavel. Horáček, Petr. Carbon neutrality of forest biomass for bioenergy: a scoping review. *Rev. Biogeosciences and Forestry*, Vol. 16, Issue 2, Pag. 70-77 (2023). doi: <https://doi.org/10.3832/for4160-015>.
- 7- Yu Qing. Yacheng Wang. Quyet Van Le y Col. An Overview on the Conversion of Forest Biomass into Bioenergy. *Rev. Frontiers in Energy Research (Sec. Bioenergy and Biofuels)* (2021). Vol. 9. Volume 9. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.684234>.