

# Elaboración de briquetas a partir de residuos de madera del IDIT (Instituto de Diseño e Investigación y Tecnología)

Urbina Cozar, Juana María del Socorro

2023

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5929>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# Elaboración de briquetas a partir de residuos de madera del IDIT (Instituto de Diseño e Investigación y Tecnología)

Casas Márquez Adler Alejandro (noveno semestre en Ingeniería Química)<sup>1</sup>, Gil Mendoza Dulce Dariana (onceavo semestre en Ingeniería Química)<sup>1</sup>, Urbina Cozar Juana María del Socorro (noveno semestre en Ingeniería Química)<sup>1,\*</sup>, Bernal Cuevas Ramiro Antonino (profesor responsable)<sup>1</sup>, Romero de la Vega Gregorio (profesor asesor)<sup>1</sup>, Robles Quechol Edgar (profesor asesor)<sup>1</sup>, Barrales Cortés César Augusto (profesor asesor)<sup>1</sup>, Moran Rangel Georgina (profesora asesora)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

## Resumen

La madera en el IDIT de la IBERO Puebla es de las principales materias primas usadas, requiere que pase por procesos de corte, lo cual produce una enorme cantidad de desperdicio de aserrín, con un aproximado de 1000 hasta 2000 L mensualmente. Este proyecto propone disminuir la cantidad de residuos derivados de la madera generados en el IDIT, desarrollar un proceso eficiente en la producción de briquetas para aprovechar su uso en procesos de combustión, caracterizar la materia prima y el aglomerante a utilizar y realizar pruebas físicas para comparar la funcionalidad de las briquetas realizadas en este proyecto con las realizadas en el proyecto de tecnología para el Yeknemilis. El proceso inició con la preparación de la materia prima mezclándose con la cera de soya y fécula de maíz, esta mezcla pasa por una compresión en un tubo metálico, para luego retirarla y dejándose secar a temperatura ambiente. Se demostró con éxito la posibilidad de producir briquetas ecológicas y eficientes utilizando residuos de aserrín como materia prima principal. Tras exhaustivas pruebas, se identificaron las proporciones correctas logrando briquetas con características superiores a las del proyecto de Yeknemilis. Las briquetas producidas mostraron menor sensibilidad a la absorción de humedad y tiempo de ignición así mismo mayor capacidad calorífica comparadas con las briquetas del proyecto de Yeknemilis, con un rendimiento cercano al 100% y una mínima ceniza residual resaltan la eficiencia de las briquetas producidas.

**Palabras clave:** Residuos, madera, briquetas, bambú, IDIT, Yeknemilis

**\*Autor Corresponsal:** juana.urbina@iberopuebla.mx

## Introducción

En un escenario global marcado por la urgencia de abordar desafíos medioambientales, la gestión eficiente de los residuos es una tarea urgente. La utilización de residuos de madera en la producción de briquetas representa un enfoque ambientalmente significativo y sostenible. Al transformar desechos de madera, como el aserrín, en briquetas, logrando un doble beneficio: la reducción de la acumulación de residuos y la creación de un recurso valioso

Una briketa tiene la forma de un pedazo de leña común, o incluso carbón; estos productos son biocombustibles que generan calor y se usan en cualquier sistema que requiera de calor mediante combustión. [4] Las briquetas son catalogadas como bioenergía sólida, y estas se identifican principalmente por tener una forma cilíndrica o de prisma rectangular emulando un trozo de leña. La materia prima principal con la que se producen es papel, cartón y aserrín (polvo o virutas). Su compactación hace que sea fácil de transportar y limpia en su manipulación. Su forma uniforme facilita una combustión constante y homogénea, liberando energía de manera continua. Se ha reportado que briquetas, con una longitud promedio de 10 a 15 cm, pueden generar hasta 4150 kcal/kg en una hora, siendo ligeramente inferior a las 4350 kcal/kg que queman las leñas en el mismo periodo [5]. Según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 2060, algunas condiciones que debe cumplir una briketa, desde el poder calorífico que este emana, el porcentaje de ceniza que termina desechando en comparación con su masa inicial, el material volátil, porcentaje de humedad, resistencia a la

compresión, entre otras propiedades fisicoquímicas a considerar. [6]

En una colaboración previa, estudiantes de la IBERO Puebla participaron en una investigación de briquetas en el proyecto tecnológico para Yeknemilis de la Tosepan, enfocado en comunidades cercanas a Cuetzalan [7]. En este proyecto, se produjeron briquetas a base de aserrín de bambú para fogones [8]. En estas comunidades, el bambú se desperdicia en gran medida, ya que solo se utiliza una fracción de su longitud total. La Tosepan, que actualmente busca darles una segunda vida a los desechos de bambú, ha enfrentado desafíos en el proceso de producción. Este proyecto tiene como objetivo proporcionar soluciones a estas dificultades. Las especificaciones requeridas por la Tosepan para las briquetas son un cilindro de 5 cm de diámetro en la base y 25 cm de largo [8].

Una situación que enfrenta actualmente la IBERO Puebla es la acumulación de aserrín en el taller de diseño industrial, mensualmente, se genera hasta 1 m<sup>3</sup> de aserrín en las cortadoras. Esta realidad pone de manifiesto un exceso de desechos sin una gestión adecuada.

Bajo este contexto este proyecto se posiciona como una respuesta estratégica y localizada, enfocándose en el desarrollo de un proceso práctico para la producción de briquetas a partir de los residuos de aserrín generados por el IDIT. No solo nos enfocamos en la gestión eficiente de los desechos internos, sino que también se presenta como una oportunidad para abordar la problemática que enfrenta la Tosepan en la producción de briquetas. La colaboración entre ambas iniciativas busca ofrecer una solución conjunta

al desafío compartido, utilizando la experiencia y recursos del IDIT para mejorar la eficiencia y viabilidad de la producción de briquetas en Tosepan.

## Metodología

### Materiales

Aserrín recolectado directamente de la cortadora en el IDIT (con  $0.81 \text{ g/cm}^3$  de densidad y un tamaño de partícula de 150 micrómetros), Cera de soya (marca “Abreiko”, con un punto de fusión de  $57 \text{ }^\circ\text{C}$ ) como aglomerante y fécula de maíz comercial como espesante.

Colocar el material utilizado para realizar el briquetado: el pisón y el tubo metálico.

### Preparación de la mezcla a briquetar

Se realizaron mezclas con diferentes cantidades de cera de soya para la formación de las briquetas iniciales, con 150 g de aserrín y 3 g de fécula como base de. En todos los casos se respetaron dimensiones establecidas para la briqueta final según normas del molde, en este caso, de acero para que resistiera la presión y no se deformara como si fuera uno de plástico y/o PVC.

Lo que se realizó previamente, para trabajar con proporciones pequeñas y no desperdiciar o usar mucha cera de soya, fue trabajar con muestras de 150 g y 50 g de aserrín, pesándolos en una balanza de 600 g de límite. Una vez obtenido el peso del aserrín se pesaron 1-3 g de proporciones de fécula de maíz aparte y después, la cera de soya se derritió usando un recipiente de vidrio que aguante el calor, en este caso, un vaso de precipitado de 1 L o 500 mL de capacidad, en el cual se puso encima de una parrilla de calentamiento para que se fuera derritiendo hasta que el líquido llegara al volumen deseado, teniendo precaución de que la temperatura no fuera demasiado baja ( $60^\circ\text{C}$ ) para que se solidificara la cera, pero tampoco demasiado elevada ( $150^\circ\text{C}$ ) para que entrara en ebullición.

### Proceso de briquetado

Con los ingredientes ya medidos, en una base que soporte calor como una bandeja de plástico, se colocó el aserrín, la fécula y la cera líquida para su mezclado (usando guantes de látex para su protección), se mezclaron a mano con cuidado de la cera caliente, hasta que la mezcla sea homogénea, después, se moldeó dentro del molde usando un pisón para densidad para crear presión, se esperó a que la cera se solidificara lo suficiente y se sacó para tener la briqueta.

Inicialmente se tenía planeado el diseño de una briquetadora de 70 cm de altura, construida y soldada con pedazos de acero con forma de prisma rectangulares de 7.655 cm de ancho, pero debido a que se quería hacer el proceso lo más simple de replicar para que se pudiera hacer en otros lugares, se decidió hacer la compresión con un pisón de concreto en el molde de acero de 2 in, y que, usando un gato hidráulico, se puso el pisón sobre el mismo para que se ayudara a sacar las briquetas del molde.

### Caracterización de las briquetas

Una vez obtenida la briqueta, se realizaron pruebas para observar su eficiencia en comparación con otras briquetas con respecto a procesos de combustión, resistencia, entre

otros, para poder calcular la eficiencia de las briquetas y ver que tan beneficiarias son a comparación de carbón y leña, y poder replicar sencillamente en otras partes.

Las briquetas, se clasificaron dependiendo del tipo de materia prima y como fueron producidas, entre ellas: la briqueta de aserrín del IDIT, la de bambú hecha con la misma metodología que la de aserrín del IDIT, y una muestra de briqueta del proyecto de Yeknemilis. De las pruebas que se realizaron, se analizaron cuales se podrían llevar a cabo en la institución, entre las pruebas que se seleccionaron, están:

- Porcentaje de rendimiento y ceniza (Campana de humos CH-120)
- Prueba de capacidad calorífica (PARR 6200 CALORIMETER)
- Prueba de porcentajes de azufre y carbono (ELEMENTRA CSI)
- Prueba de materia volátil en briquetas (Horno mufla MF-3)
- Prueba de absorción (Vasos de precipitado PYREX de 300 mL)

Las pruebas de caracterización implementadas permiten determinar qué tan eficiente fue la briqueta de polvo de aserrín en comparación con las otras, la muestra de briqueta de bambú y la del proyecto de Yeknemilis. Una vez obtenidas las briquetas, estas se clasificaron y probaron.

### Porcentaje de rendimiento y ceniza

Esta prueba sirvió para comprobar su eficiencia al entrar en combustión, lo que se llevó a cabo fue de que las diferentes briquetas de muestra seca se prendieron con un encendedor dentro de una campana de extracción (para absorber cualquier partícula de humo) hasta que estas sacaron flama, se tomó la masa inicial de las briquetas y se prendieron en flama dentro de cubetas chicas o recipientes de aluminio pesados previamente.

Una vez que terminaron de quemarse las briquetas y dejaron de sacar humo, se tomó la masa final de las cenizas que quedaron, luego, se sacó su porcentaje de rendimiento restando la masa inicial menos la final, y el resultado dividido entre la masa inicial por 100 para saber cuánto porcentaje de masa se aprovechó, y el resultado que se obtuvo se restó con el 100% para determinar cuánto de esa masa, terminó como ceniza/residuo.

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{masa de briqueta inicial} - \text{masa de ceniza}}{\text{masa de briqueta inicial}} * 100 \quad (1)$$

### Prueba de capacidad calorífica

Se le realizó pruebas de capacidad calorífica a las muestras de bambú del proyecto de Yeknemilis y la de aserrín del IDIT para el cual se llevaron a cabo en un calorímetro de bomba en el cual se colocó una pequeña muestra en la bomba, la cual se introduce en el calorímetro para iniciar el proceso de combustión y así el termómetro pueda registrar la temperatura, a partir del cambio de temperatura registrada y el calor liberado se calcula la capacidad calorífica de la muestra.

$$\text{Capacidad calorífica} = \frac{\text{Cantidad de calor transferida}}{\text{Cambio de temperatura}} \quad (2)$$

### Prueba de porcentaje de carbono y azufre

Se le realizó prueba de capacidad calorífica a la muestra de aserrín del IDIT para el cual se llevaron a cabo en un ELEMENTAR CSI-i en el cual se introduce el peso al software, la muestra se pone en un crisol junto con tungsteno que es un acelerante y se ingresa en el ELEMENTAR y el software controla y evalúa la combustión, después de 60 segundos las concentraciones de carbono y azufre están disponible para la medición que realiza el software.

### Prueba de materia volátil

Las briquetas se pesaron cada una, se trabajó con proporciones de biomasa de 40-45 g por tipo de briqueta, estas se pesaron inicialmente y luego se metieron a una mufla a 550°C por 8 min al mismo tiempo, después de este tiempo, se tomó la masa final para obtener su eficiencia de cuanto material reacciona a temperaturas altas sin iniciar combustión por medio de un encendedor o una flama. Se pesaron y se realizó el cálculo necesario.

$$Mv = \frac{\text{Pedazo de briqueta} - \text{Briqueta después de mufla}}{\text{Pedazo de briqueta}} * 100 \quad (3)$$

### Prueba de absorción

Las muestras de briquetas se pusieron en recipientes con agua de 300 ml, al paso de los días, la masa de las briquetas aumentó variadamente, con los resultados de masa que se obtuvieron, se calculó el porcentaje de absorción de cada una de las muestras, los resultados y como actuaron en un ambiente líquido nos indicó que tan expuestas son al estar en un ambiente húmedo. Los porcentajes de absorción se calcularon restando la masa que aumentaban menos la seca o la masa del día anterior, el resultado luego se dividió entre la masa de la briqueta seca o la del día previo para identificar hasta que la absorción o cambio de masa fuera nula. [8]

$$Mv = \frac{\text{Masa briqueta mojada} - \text{Masa briqueta seca}}{\text{Masa briqueta seca}} * 100 \quad (4)$$

## Resultados y Discusión

### Formación de la briqueta

Se fijó una base de gramaje del aserrín que se utilizará por la capacidad que tiene el tubo metálico con las medidas que ya se habían establecido previamente, para la fécula de maíz se estableció teóricamente gracias a distintas patentes, pero la variable que iba a cambiar era la cera de soya por lo que se hicieron pruebas a escala con proporciones en un rango entre 30 mL a 60 mL. Se usaron como moldes vasos dando como resultado la Fig. 1. En la imagen se puede ver las diferentes proporciones que se utilizaron, se hicieron a escala para no desperdiciar material.



Fig. 1. Briquetas moldeadas cortas de 2x2 in de diámetro y altura

En las proporciones con relación de aserrín-cera, se estuvo tanteando o midiendo de cuales cantidades serían las mejores debido a que si tiene demasiada cera, esta podría actuar como aislante, provocando que la briqueta no se pudiera combustionar en primer lugar.

Cuando se tomó en cuenta las cantidades de aglomerante y materia prima para la solidificación de la briqueta, estas demostraban físicamente un cambio drástico, mientras más aglomerante de cera de soya se utilizaba, esta obtenía un color más oscuro, sin mencionar que su textura externa se sentía grasosa y deslizante, lo cual era de esperarse debido a que la cera de soya se utiliza principalmente para velas. Por el otro lado, las muestras que usaban misma cantidad mínima de cera con aserrín demostraban una estructura física estable que no se sentía grasosa pero tampoco porosamente frágil, mientras que las muestras que usaban mucho menos aglomerante a comparación de las 50/50, se sentía tan porosas, al punto que con lo más mínimo de presión podrían desmoronarse.

Una vez contando con un pisón de densidad, se vio que esta tenía el diámetro necesario no solo para que entrara en el molde, sino que también estaba por debajo de la medida del diámetro interno, haciendo que entrara y saliera sin problema y aplastara la mezcla a uniformemente (Fig. 2).



Fig. 2. Molde y pisón

Las briquetas ya formadas en el molde salieron de modo que asimilaban cilindros, con diferentes largos, pero todas las muestras con el mismo diámetro de 2 in. Para poder sacar las briquetas ya comprimidas de los moldes, se usó el mismo pisón que se usó para comprimirlas de modo inverso con un gato hidráulico al revés para que este se apoyara y con el peso de un mismo sacando el molde, saliera la briqueta por arriba, como se observa en la Fig. 3.



Fig. 3. Pisón para concreto encajado encima del gato hidráulico para sacar la briqueta del molde.



Fig. 4 y 5. Briquetas presionadas sacadas del molde

Con respecto a la combustión, se pudo confirmar que las muestras de briqueta del aserrín/polvo de madera de la universidad, con la cera de soya y la maicena pueden entrar en combustión al entrar en contacto con el fuego, como se observa en la Fig. 6 y 7.



Fig. 6 y 7. Muestra de briqueta entrando en combustión

Las muestras de briqueta demostraron poder iniciar y mantener una flama constante al estar prendidas, con un tiempo de duración encendidas de entre 38-40 min, y cerca del final de su lapso de vida, se notaba como éstas desprendían humo (lo cual era de esperarse), el humo que salía de las mismas era notablemente en menor cantidad de cómo se esperaría de un pedazo de carbón, con un tono color blanco-gris claro y un olor de madera perfumada.

#### Porcentaje de rendimiento y de ceniza

En cuanto a los cálculos, de una muestra de 67 g con 7 cm de altura, tras terminar su proceso de combustión, esta dejó rastros de ceniza casi nulos, con una masa finas de 2 g de ceniza, con la fórmula de cálculo de rendimiento, podemos determinar el porcentaje de masa de la ceniza a comparación de masa inicial y su rendimiento.

Eso quiere decir que la muestra de briqueta obtenida, hubo un rendimiento total de 97.70%, y al restarlo con el 100% nos da que de la masa total inicial de la briqueta, los 2 g de ceniza que quedaron constituyen solo un 2.9368%, mientras que a comparación de una briqueta hecha en maquina

industrial que fue proporcionad, cuya masa inicial fue de 51.89 g, y a pesar de que se trató de que esta encendiera, apenas y pudo prenderse, dejando una masa aproximada de ceniza/desperdicio de 53.34 g, que sería en rendimiento:

La briqueta muestra de bambú hecha por maquina industrial tuvo un rendimiento de solo 16.46%, dejando de residuo casi 83.53%, y de una briqueta de bambú que se hizo con el procedimiento indicado, pesaba aproximadamente 37.76 g y dejó 9.4 g de ceniza

Esto indica un rendimiento del 75.10% con la ceniza siendo equivalente a solo 24.89%. Dado los resultados, se indica que le briqueta hecha con polvo de aserrín del IDIT, aprovecha mucho más al máximo de su masa total y deja una masa casi nula de desperdicio a comparación de la inicial (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de rendimiento y restos de ceniza

Muestra	Masa inicial (g)	Masa final (g)	% Rendimiento	% ceniza
Aserrín IDIT	68.1	2	97.70%	2.93%
Bambú Yeknemilis	51.89	43.34	16.46%	83.53%
Bambú Tosepan	37.76	9.4	75.10%	75.10%

#### Prueba de capacidad calorífica

Para estas pruebas se midieron las muestras en un calorímetro de bomba en donde se midió la capacidad calorífica en las muestras de aserrín y de bambú y el ELEMENTRAC CSI para porcentaje de azufre y carbono de una de las muestras de aserrín.

Los resultados se indican en la Tabla 2

Tabla 2. Capacidad calorífica y porcentajes de carbono y azufre en las briquetas

Muestra	Capacidad calorífica	% Carbono	% Azufre
Aserrín IDIT	6915.05	60.63%	0.33%
Bambú Yeknemilis	4079.73	-	-

#### Prueba de materia volátil



Fig. 8. Briquetas para prueba de materia volátil



Fig. 9. Briquetas después de pasar por mufla

Después de que salieran de la mufla (Fig. 9), las muestra mostraron quemarse por las altas temperaturas, pero su masa cambio drásticamente al estar expuestas a temperaturas altas, los resultados se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de materia volátil

Muestra	Masa inicial (g)	Masa final (g)	% Materia volátil
Aserrín IDIT	49.4	40.1	18.82%
Bambú Yeknemilis	42.7	25.9	39.34%
Bambú	45.8	40.8	10.91%

En los resultados obtenidos, las briquetas de aserrín y el bambú hechas con la metodología propuesta demostraron una diferencia mínima en lo que consta de materia volátil, mientras que la briqueta hecha por el equipo del proyecto de Yeknemilis demostró más presencia de materia volátil internamente.

*Prueba de absorción*

Lo que es referente a la prueba de absorción, se trata de verificar cuánta agua puede absorber una muestra de briqueta al estar sumergida en agua por 24 hrs o por cierto lapso de tiempo, lo cual se hizo con las muestras de briqueta disponible. Se tomó una muestra de briqueta de aserrín, dos de bambú que hicimos con la misma metodología de las de aserrín (una con el aserrín de bambú como se proporcionó y otra con el bambú molido) y un pedazo de la briqueta de bambú que se produjo con briquetadora industrial. Estas se pusieron principalmente por 24 hrs en 300 mL de agua, pero inmediatamente a los 1-2 minutos de que iniciara la prueba, la muestra de bambú industrial cayó al fondo del recipiente con agua, mientras que todas las demás briquetas que producidas se mantuvieron a flote en la superficie del agua, como se muestra en la Fig. 10.



Fig. 10. Briquetas en agua para prueba de absorción

Después del primer lapso de 24 hrs, las briquetas hechas con cera de soya siguieron estando al flote, se tomó su peso y si hubo un cambio en su masa, al igual que en el segundo día y tercero, pero la briqueta hecha en el proyecto de Yeknemilis fue la que demostró un mayor cambio en su masa interna. El porcentaje de absorción de las briquetas se calculó.



Fig. 11. Briquetas en agua pasada las primeras 24 hrs

Los resultados se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de absorción

Muestra	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	% Absorción Promedio
Aserrín IDIT	37.7	47	50	54	24.66% y 6.38% y 8%
Bambú Yeknemilis	43.6	62.8	65.3	70	44.03% y 3.98% y 7.19%
Bambú	16.9	21.7	25	27	28.40% y 15.20% y 8%
Bambú molido	34.7	37.3	38.2	40	7.49% y 2.41% y 4.71%

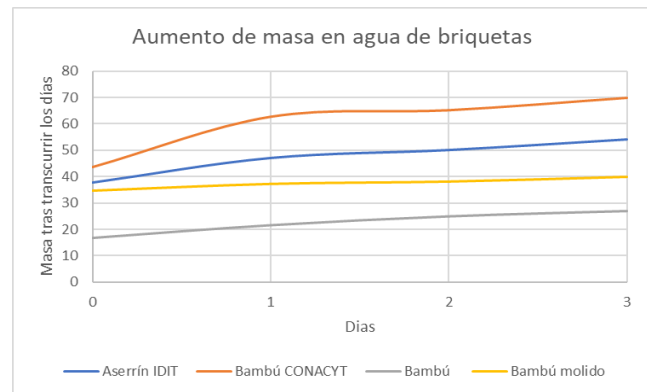


Fig. 12. Aumento de masa respecto a la absorción de agua al transcurso de días.

Aunque las briquetas si demostraron un porcentaje de absorción, el hecho de que flotaron es algo que no se esperaba, alguna variable que puedo afectar en ese aspecto pudo ser de la cera o la maicena que no son tan solubles en agua, ayudando a tapar los agujeros entre las partículas de las briquetas para que se volvieran menos densas que el agua, ayudando a flotar.



Fig. 13. Briquetta de proyecto de Yeknemilis bajo 300 mL de agua

En cuanto a los resultados finales obtenidos, la briquetta de del proyecto de Yeknemilis demostró ser la más expuesta en absorber humedad con un porcentaje de absorción de 44.03 % en solo el primer día (Fig. 13), mientras que las otras de aserrín del IDIT y de bambú solas con un porcentaje del 24.29 %, la briquetta hecha del mismo bambú, pero molida a una granulometría menor por otro lado, demostró ser mucho más impermeable al agua, con un porcentaje de absorción de solo 7.49 %.

#### Costos

En los costos de los reactivos y materiales usados que se compraron, el aserrín no fue uno de ellos debido a que el suministro de desechos de madera del IDIT fue la fuente de materia prima principal, lo que es la cera de soya y la fécula de maíz por el otro lado, tuvo un costo principal de \$130 un kilogramo de cera y \$16 de 150 g de fécula de maíz, del cual, se obtuvo un aproximado de entre 24-27 briquetas de entre 7 a 15 cm de altura con un radio circular de 2 in, además se compró un gato hidráulico que costó aproximadamente \$400 pesos con una vida útil de 2 años, un pisón para aplanar y comprimir tiene un costo de \$400, con una vida útil de 2 años.

Por lo cual por briquetta nos da un costo de \$21.45 de cera, 0.32 de fécula de maíz, \$8 del gato hidráulico y \$12 del pisón. Lo que da como resultado que por una briquetta de 15 cm son \$41.77 y una briquetta de 7 cm es un costo de \$20.88.

#### Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

El proyecto cuenta con los materiales necesarios para la producción de briquetas, así como acceso a equipos para caracterización y estudios fisicoquímicos. Se han realizado

pruebas utilizando diferentes proporciones de aserrín, cera y maicena en la mezcla. En el proceso de fabricación el trabajo se realiza rápidamente, ya que la cera puede endurecerse rápidamente. El amasado de la mezcla se realiza para mantener la cera en estado líquido y que sea más fácil de manipular. Luego la mezcla se moldea y se comprime para formar briquetas. Lo que es referente a los resultados de las briquetas, demuestran resultados positivos a comparación de las muestras de briquetta del proyecto de Yeknemilis, desde un porcentaje de humedad demasiado alto, demostrando que es más sensible de absorber la humedad en el aire, e incluso el modo en que se encienda resulto ser más complicado que con las otras briquetas, la briquetta hecha con polvo de aserrín de madera del IDIT demostró, con las proporciones correctas, ser resistente al tratar de ser comprimida a mano, un tiempo de ignición menor a la briquetta del proyecto de Cuetzalan, un valor de absorción de agua menor, capacidad calorífica mayor y el mayor rendimiento obtenido de las muestras de briquetas, teniendo un rendimiento de casi el 100%, dejando un mínimo de ceniza.

En lo que es los costos de los reactivos y materiales usados que tuvimos que comprar, el aserrín no fue uno de ellos debido a que el suministro de desechos de madera del IDIT fue nuestra fuente de materia prima principal, materiales como el molde de acero y el pisón fueron dados por la universidad.

Los resultados que hemos obtenido y las observaciones son fundamentales para determinar las proporciones adecuadas y garantizar que las briquetas cumplan con los requisitos deseados en términos de manejo y combustión.

El proyecto se enfoca en refinar el proceso de fabricación y encontrar la proporción adecuada y optima de materia y aditivos para obtener briquetas eficientes y sostenibles.

Se recomienda hacer pruebas de compresión como lo dice la norma. Se debe usar una máquina de esfuerzos universales para determinar la fuerza máxima que pueden aguantar antes de fracturarse en posición vertical. Debido por situaciones respecto a la máquina y de tiempo, no se pueden utilizar en eficiencia completa, pero si se comprobó que la briquetta de bambú hecha por CONACYT es la más resistente a la presión, al poder aguantar 100 kgf teóricos, mientras que la briquetta de aserrín puede aguantar entre 50-70 kgf teóricos.

#### Referencias

[1] Abella, I. (julio 2003). La madera. En I. Abella, El hombre y la madera (págs. 48-50). Pérez Galdos, Barcelona: RBA Ediciones de Librerías.

[2] Proceso de fabricación. Infomadera.net. Recuperado el 25 de agosto de 2023, de [https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo\\_89\\_16075.pdf](https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_89_16075.pdf)

[3] Piccolo, Gabriela. PROCEDIMIENTO PARA LA CONFECCIÓN DE BRIQUETAS. Recuperado el 2 de septiembre de 2023, de <http://ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2021/09/MANUAL-MEZCLA-PARA-BRIQUETAS-con-logos.pdf>

- 
- [4] Salcedo Vera, David Moisés (octubre, 2021). PROCEDIMIENTO PARA LA CONFECCIÓN DE BRIQUETAS Recuperado el 30 de agosto de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22436/1/UPS-GT003689.pdf>
- [5] ICONTEC (2003). Briquetas combustibles para uso doméstico. Norma Técnica Colombiana. Recuperado el 2 de septiembre de 2023 de <https://es.scribd.com/doc/122952743/Norma-Briquetas#>
- [6] INCOTEC (1987). Norma Técnica Colombiana briquetas. Scribd. Recuperado el 3 de octubre de 2023, de <https://www.scribd.com/doc/122952743/Norma-Briquetas>
- [7] EPA (2023) El humo de la leña y su salud. Recuperado el 2 de noviembre de 2023 de El humo de la leña y su salud | US EPA
- [8] Martínez Evelyn, Melchor Jesús, Barrales César, Morán Georgina. (noviembre, 2022). Análisis fisicoquímicos de leñas provenientes de Cuetzalan, (5-13). Convocatorio: FOP94-2021-03, CONACYT