

## Capítulo 10

# Modelo híbrido de evaporación para la producción de azúcar no centrifugada de caña de azúcar

John Javier Espitia González, Fabián Andrés Velásquez Ayala, Henry Alberto Hernández Martínez, Oscar Andrés Mendieta Menjura y Jader Rodríguez Cortina

## Resumen

En la producción de azúcar no centrifugada de caña (ANC), la eficiencia energética del proceso varía significativamente según la tecnología implementada, por lo que la optimización del uso de la energía se vuelve fundamental para el proceso en términos de competitividad y sostenibilidad. El objetivo de este trabajo de investigación fue implementar un sistema híbrido de evaporación ajustado a las condiciones de operación del departamento de Nariño (Colombia). Para alcanzar el objetivo, se realizó el diseño del sistema considerando un flujo mixto de energía (gases de combustión y vapor) al jugo de caña. Posteriormente, se realizó la construcción y evaluación del sistema híbrido de evaporación, y se obtuvo como resultado un sistema con una eficiencia térmica global entre el 48 y el 53%, lo que permite un mejor aprovechamiento del poder calorífico del combustible, la reducción de un 27% en el índice de kg de bagazo/kg de ANC y, por ende, una disminución del 13% en los índices de emisión de CO y del 77% en los de CO<sub>2</sub>/kg de ANC.

**Palabras clave:** eficiencia térmica global, panela, hornilla, productividad, sostenibilidad

## Introducción

El proceso de elaboración de azúcar no centrifugada de caña (ANC) generalmente se realiza en una hornilla, la cual está compuesta por una cámara de combustión, donde se genera la energía térmica; un sistema de intercambiadores de calor (pailas), donde se evapora el agua que contienen los jugos de la caña de azúcar con la energía térmica generada en la combustión, y una chimenea, por donde se emiten los gases exhaustos del proceso. El proceso de evaporación del jugo de caña de azúcar se puede dividir en tres etapas térmicas: clarificación, evaporación y concentración (Rodríguez et al., 2018). La eficiencia térmica global del proceso se define como la cantidad de energía aprovechada para evaporar el agua de los jugos a través del sistema de intercambiadores de calor (evaporadores abiertos o pailas) en relación con la energía generada en el proceso de combustión.

La eficiencia térmica global de los sistemas tradicionales de producción de ANC depende de la capacidad de producción. Sistemas de producción pequeños (<100 kg de ANC/h) reportan eficiencias del 30 %, mientras que los de mediana escala (entre 100 y 180 kg de ANC/h) reportan eficiencias alrededor del 45 %. Los sistemas de gran escala (>250 kg de ANC/h), por su parte, incorporan tecnologías de vapor y vacío, lo cual permite tener eficiencias alrededor del 64 %. Por lo tanto, al analizar los sistemas de producción de pequeña y mediana escala, se puede plantear la mejora de sus desempeños energéticos sin depender de la capacidad de producción.

Se ha encontrado que en los sistemas de producción de pequeña y mediana escala la temperatura de los gases exhaustos que salen por la chimenea puede llegar a los 700 °C. Esto indica que el sistema de pailas no está aprovechando adecuadamente la energía generada en la combustión, por lo que se tiene un proceso ineficiente. Lo anterior se traduce en menores velocidades de evaporación y, por ende, en un mayor tiempo de exposición de los jugos al tratamiento térmico, lo que podría afectar la

calidad e inocuidad de la panela (Prada et al., 2015), incrementar el consumo de combustible y generar un mayor índice de gases de efecto invernadero (Velásquez et al., 2021).

Para mejorar el desempeño energético y productivo del proceso de producción de ANC, se han empleado diferentes estrategias, entre las cuales se puede destacar el diseño de intercambiadores de calor (pailas) en función del fenómeno de transferencia de calor dominante en el ducto de gases (radiación o convección). Estas investigaciones han permitido que hoy se pueda contar con pailas pirotubulares, planas o acanaladas (con o sin aletas), que se ubican en la parte del ducto donde domina la transferencia de calor por convección (sección mas alejada de la cámara de combustión), así como con pailas con geometrías semicilíndricas o semiesféricas, usadas en la parte del ducto donde domina la transferencia de calor por radiación (La Madrid et al., 2017). Sin embargo, se requiere un análisis más profundo del proceso, vía modelización y optimización, que permita mejorar dicho desempeño. Es por eso que los modelos de dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en ingles) se utilizan como herramienta numérica para predecir y mejorar el rendimiento térmico de unidades de producción de panela. La Madrid et al. (2016) diseñaron una paila pirotubular que podría reemplazar una paila plana con aletas, utilizando un modelo de CFD como herramienta numérica. Los resultados del estudio mostraron que, para las etapas térmicas de calentamiento, clarificación y evaporación, la energía térmica utilizada aumentó significativamente, lo que permitió incrementar la eficiencia térmica global del proceso del 31,4 al 42,8%, así como la producción de panela en un 25%.

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue mejorar el desempeño energético y ambiental de las unidades productoras de panela de pequeña y mediana escala, mediante el ajuste de un sistema híbrido de evaporación que aprovecha el calor de los gases exhaustos que salen por la chimenea, usando un sistema de recuperación de calor (SRC) para producir vapor y retornarlo al proceso.

## Metodología

La metodología se dividió en tres etapas: diseño, construcción y evaluación. Inicialmente, se diseñó una hornilla con el sistema híbrido de evaporación, con el *software* Autodesk Inventor, según la cantidad de ANC proyectada. A partir de la cantidad de calor que podría ser aprovechada de los gases en la sección de la chimenea, se desarrolló un SRC basado en un intercambiador de coraza y tubos. Posteriormente, se construyó el sistema híbrido de evaporación para la producción de ANC en la vereda San Isidro, del municipio de Ricaurte, Nariño (Colombia), a 1.293 m.s.n.m. El sistema fue diseñado con una capacidad de 90 kg de ANC/h. Se evaluó la capacidad real instalada del prototipo construido y se validaron los resultados de los indicadores de desempeño energético y ambiental para los cuales fue diseñado. Por último, se realizó un análisis de la viabilidad económica del sistema implementado, para determinar el tiempo de retorno de la inversión según el precio de venta del producto.

### Diseño

#### Hornilla

La capacidad de la hornilla se calculó de acuerdo con la información descrita en la tabla 10.1. Asimismo, la información de dicha tabla fue considerada para realizar el análisis de viabilidad económica.

Para el diseño de la unidad productora de panela, se empleó el modelo OD (Espitia et al., 2020), que permite prever la cantidad de energía necesaria y las áreas de intercambio de energía. Para completar los ajustes y las dimensiones de la cámara de combustión y la altura de la chimenea, se empleó el manual de hornillas paneleras de Gordillo Ariza y García Bernal (1992). El modelo y orden de flujo de la hornilla propuesta se presentan en la figura 10.1.

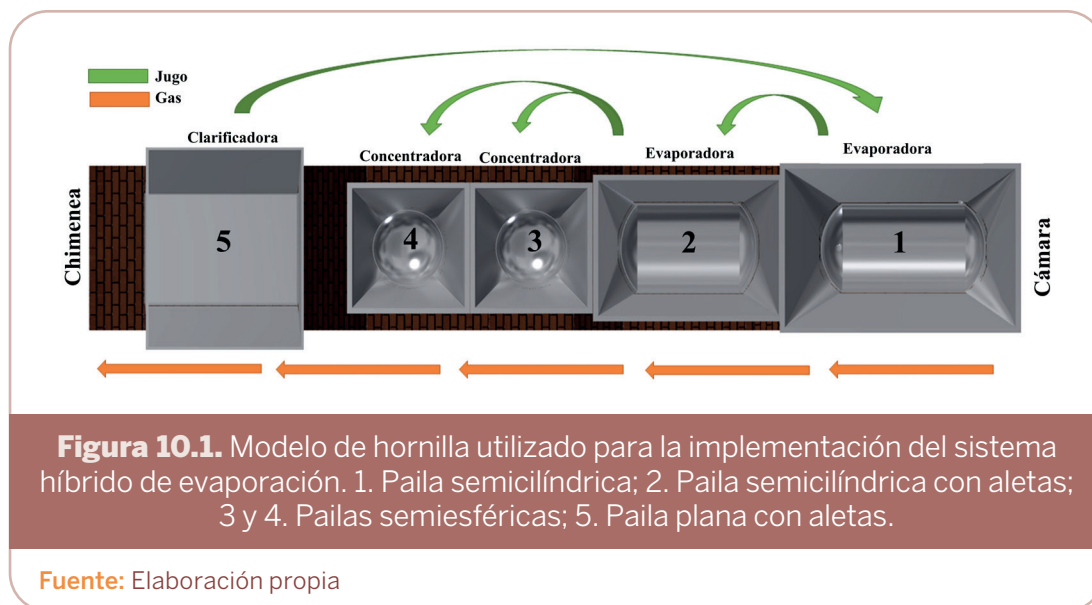
El esquema de proceso propuesto en la figura 10.1 se realizó para respetar el orden de flujo empleado en el departamento de Nariño;

el flujo de los jugos inicia con la etapa térmica de clarificación en el intercambiador 5; posteriormente, se pasa a la etapa térmica de evaporación en los intercambiadores 1 y 2, y finalmente a la etapa térmica de concentración en los intercambiadores 3 y 4.

**Tabla 10.1.** Datos de entrada para el diseño de una hornilla con sistema híbrido de evaporación

Variable	Unidad	Valor
Área de caña sembrada	ha	25
Periodo vegetativo	Meses	15
Caña por hectárea esperada	t/ha	59
Concentración de sólidos solubles (css) de la caña	°Bx	17
Jornada de trabajo	Semanas	2
Días de trabajo por semana	Días	4
Horas al día	h	14

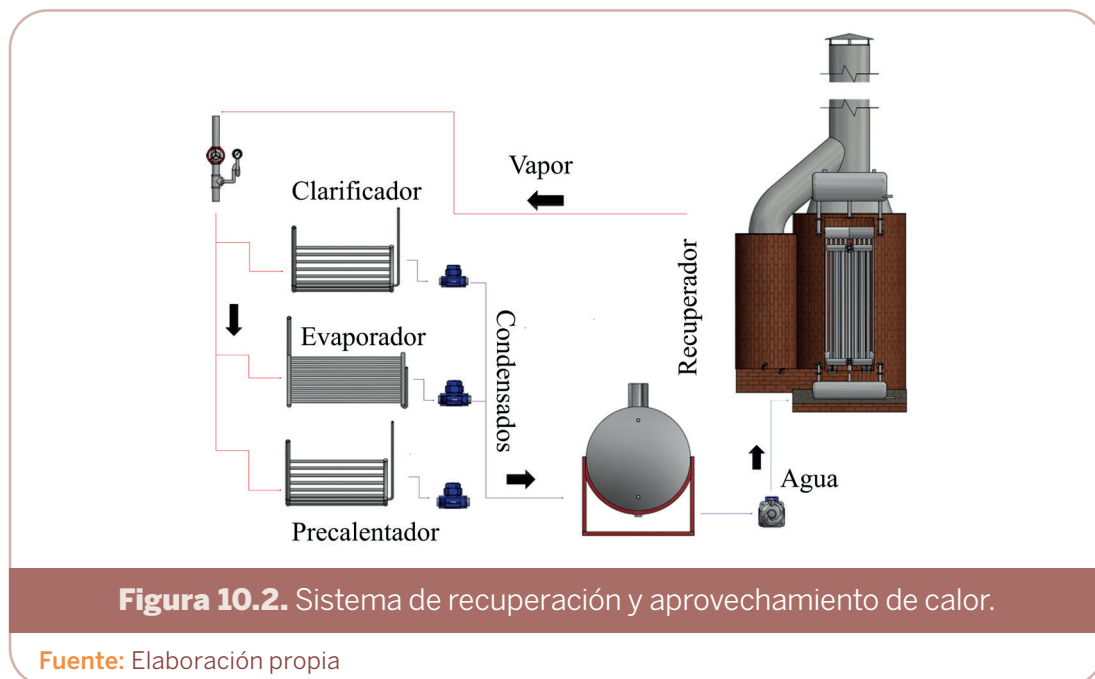
Fuente: Elaboración propia



## Sistema de recuperación de calor (SRC)

El SRC descrito en la figura 10.2 se diseñó según la metodología reportada por Velásquez et al. (2021); este sistema se diseñó para producir vapor saturado a 690 kPa con el calor residual de los gases de combustión que pasan por la chimenea. El SRC está compuesto por los siguientes elementos:

- Caldera acuotubular: sistema de coraza y tubos con arreglo triangular (el agua va por los tubos, y los gases de combustión exhaustos, por la coraza).
- Tres serpentines (circuito de tubos en contacto con los jugos, por donde pasa el vapor), dispuestos en un tanque precalentador de jugo (tanque externo al ducto de gases), en una paila clarificadora y en una paila evaporadora.
- Tanque pulmón de agua para recibir los condensados y para proveer de agua a la caldera, lo que configura un ciclo cerrado del agua.
- Trampas de vapor a la salida de cada serpentín para permitir la recirculación del agua condensada al tanque pulmón.



**Figura 10.2.** Sistema de recuperación y aprovechamiento de calor.

Fuente: Elaboración propia

## Evaluación de la hornilla con el sistema híbrido de evaporación

Las mediciones se realizaron para tres lotes de producción de ANC, en condiciones normales de funcionamiento, al alcanzar el equilibrio térmico (después del calentamiento de la hornilla y del agua del tanque pulmón del recuperador). A continuación, se presentan las variables medidas.

### Flujo másico y contenido de humedad del combustible

El flujo másico del bagazo suministrado a la cámara de combustión se determinó pesando tres lotes de bagazo (150 kg) con una balanza electrónica KERN HCB 200K500, y se midió el tiempo que tardó en quemarlo. El contenido de humedad del bagazo se determinó de acuerdo con las normas de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000), usando un secador convectivo.

### Temperatura

Se instaló un termopar tipo  $\kappa$  sobre la cámara de combustión y se conectó a un sistema de adquisición de datos (Intech Micro 2100-A16) programado para registrar mediciones cada 60 s durante cada lote de producción.

### Composición de los gases de combustión

Las mediciones se realizaron en la chimenea a una altura de 4 m desde la base. La composición volumétrica de  $\text{CO}_2$ , CO y  $\text{O}_2$  se estableció con un analizador Testo 350 s/xL. Las mediciones se realizaron durante 30 min con un intervalo de tiempo de 15 s.

### Concentración de sólidos solubles (css)

La css se midió utilizando refractómetros digitales Atago modelos PAL-1 y PAL-2 de 0 a 53 °Bx y de 45 a 93 °Bx, respectivamente. Las mediciones se realizaron en cada intercambiador de calor, midiendo la css en cada movimiento de los jugos (la css de los jugos a la salida de un intercambiador de calor corresponde a la

css de entrada del subsiguiente intercambiador de calor), para determinar la energía aprovechada por cada intercambiador de calor dentro de la hornilla.

### Capacidad de producción

Se midió la masa fría de ANC producida en cada lote, así como el tiempo de producción. Las mediciones se realizaron con una balanza Lexus Fenix con una capacidad de 30 kg y con un cronómetro.

### Viabilidad económica

Se determinaron la rentabilidad del proyecto, los costos de fabricación del equipo y el retorno de la inversión. La evaluación fue realizada considerando un proyecto de creación de una hornilla nueva, desde cero. Para el análisis de viabilidad económica, se tuvieron en cuenta los indicadores de rentabilidad de valor presente neto y tasa interna de retorno. Los parámetros empleados durante la evaluación se describen a continuación.

### Costos de construcción e instalación

Corresponden al total de los costos de la fabricación de los intercambiadores, la construcción de la hornilla (incluida la demolición), el montaje del SRC y el sistema de control eléctrico, y la mano de obra durante la construcción de la hornilla.

### Costos operativos

Son los costos inherentes al proceso de producción: personal operativo, suministros (caña, empaques y aditivos), energía eléctrica o combustible para el motor del molino y mantenimiento de equipos. Estos valores cambian dependiendo de la región de producción.

### Ingresos

Los ingresos son obtenidos de la venta de la panela empacada, considerando como precio base el pagado directamente al productor: COP 1.800/kg (año 2019); este valor se multiplicó por la producción anual, a fin de obtener un flujo total de caja.

## Resultados y discusión

### Diseño

#### Balance de masa y energía

Para la evaluación se midieron todas las variables consideradas en el diseño. Los flujos máxicos de entrada y salida obtenidos del balance de masa para la hornilla propuesta de 90 kg de panela/h se describen en la tabla 10.2. Para efectos de cálculos, se asumieron los valores porcentuales de cachaza y bagacillo del 2,3 y el 1%, respectivamente. Adicionalmente, las *css* del jugo de caña y el *ANC* consideradas fueron de 17 y 93 °Bx, respectivamente. Para las condiciones de proceso establecidas, se determinó que el bagazo permitía entregar un flujo de calor de 976,4 kW. Asimismo, se determinó el flujo de calor requerido para evaporar el agua del jugo (303,2 kW), con lo cual se calculó la eficiencia térmica global del proceso (31,07%).

**Tabla 10.2.** Resultados del balance de materia para la hornilla de 90 kg de *ANC*/h con un molino Apolo 4C

Variable	Valor
Caña de azúcar molida (kg/h)	877,9
Jugo obtenido (kg/h)	526,7
Bagacillo residual en filtros (kg/h)	10,5
Jugo prelimpiado (kg/h)	516,2
Cachaza (kg/h)	20,6
Jugo clarificado (kg/h)	495,6
Bagazo suministrado (30% b. h.) (kg/h)	299,1

**Fuente:** Elaboración propia

#### Potencia térmica y áreas de transferencia de calor

Para cada etapa térmica se calculó la potencia térmica requerida y se determinó el área de intercambio de calor requerida en función de la ubicación (tabla 10.3). Para el caso del intercambiador de

calor número 2 (evaporadora 2), se observa que tiene 3,59 m<sup>2</sup> en la superficie de contacto con los gases de combustión, siendo la paila de mayor área de intercambio de calor en la hornilla, debido a las aletas que se incluyeron. Este intercambiador se usa para el proceso de evaporación. Por su forma geométrica semicilíndrica con aletas, se ubica específicamente en la zona del ducto donde se tienen fenómenos de transferencia de calor intermedio entre radiación (se usan geometrías redondas) y convección (las aletas generan una mayor área de transferencia de calor). Adicionalmente, al analizar el valor de la potencia consumida, se observó que en la etapa térmica de evaporación es cuando más se requiere potencia térmica, ya que los requerimientos energéticos son mayores para concentrar el jugo de caña de 21 a 70 °Bx, lo cual significa evaporar agua. Para la etapa térmica de clarificación, se observó que el intercambiador de calor número 5 (paila plana con aletas) presenta un área de transferencia de calor de 12,1 m<sup>2</sup>, debido a que el lugar donde se encuentra gobierna la transferencia de calor por convección, por lo que la estrategia para aprovechar el calor es aumentar el área de transferencia de calor.

**Tabla 10.3.** Resultados del balance de energía para la hornilla de 90 kg de ANC/h y áreas de transferencia de calor de los intercambiadores

Etapa	Potencia térmica consumida (kW)	Tipo de paila (número)	Área de transferencia de calor sin aletas (m <sup>2</sup> )	Área de transferencia de calor con aletas (m <sup>2</sup> )
Evaporación	167,285	Semicilíndrica (1)	1,9	No aplica
		Semicilíndrica con aletas (2)	1,4	3,6
Concentración	41,266	Semiesférica (3)	0,6	No aplica
		Semiesférica (4)	0,6	No aplica
Clarificación	94,688	Plana con aletas (5)	2,5	12,1

Fuente: Elaboración propia

### Sistema de recuperación de calor (SRC)

El diseño del SRC se basó en una caldera acuotubular conformada por un sistema de tubos (figura 10.3). Para su dimensionamiento, se tuvo en cuenta la temperatura de los gases a la entrada de la chimenea (597,2 °C), valor con el cual se determinó el área de intercambio de calor requerida para aprovechar la potencia térmica de los gases exhaustos de combustión. Asimismo, se consideró un coeficiente global de transferencia de calor de 28 kW/m<sup>2</sup>K, obtenido previamente en un prototipo experimental construido en la sede Cimpa de AGROSAVIA.

El recuperador del sistema cuenta con un área de transferencia de calor de 40,5 m<sup>2</sup>, que permite recuperar alrededor de 185,7 kW. La cantidad de energía recuperada se utiliza para producir vapor y retornarlo al proceso. Los resultados de desempeño del diseño de la hornilla con y sin recuperador se presentan en la tabla 10.4. Finalmente, los componentes de la hornilla con el sistema híbrido de evaporación se muestran en la figura 10.3.



**Figura 10.3.** Hornilla con el sistema híbrido de evaporación.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.4.** Resultados de desempeño energético, productivo y ambiental de una hornilla con y sin SRC

Variable	Valor sin recuperador	Valor con recuperador
Consumo de combustible (kg de bagazo/kg de ANC)	2,3	1,6
Producción (kg de ANC/h)	90,1	129,2
Eficiencia térmica global (%)	31	52
Índice de emisión de CO <sub>2</sub> (kg de CO <sub>2</sub> /kg de ANC)	3,8	2,7
Índice de emisión de CO (kg de CO/kg de ANC)	0,13	0,09
¿Es autosuficiente con el uso de bagazo como combustible?	No	Sí

Fuente: Elaboración propia

## Evaluación

### Energía aprovechada

En cada intercambiador se evaluó la energía aprovechada mediante el cambio en la css. El jugo de caña presentó una concentración inicial de 17 °Bx. Los resultados de la evaluación se presentan en la tabla 10.5.

**Tabla 10.5.** Energía aprovechada en los intercambiadores de calor de la hornilla con sistema híbrido de evaporación

Tipo de pailas	Función	Energía aprovechada (kW)	Cambio de css (°Bx)
5. Plana con aletas (serpentín)	Clarificación	146,7	25,6
1. Semicilíndrica (serpentín)	Evaporación	140,8	41,3
2. Semicilíndrica con aletas	Evaporación	105,3	60,5
3 y 4. Semiesféricas (2)	Concentración	41,8	94,0

Fuente: Elaboración propia

Se observó un aumento en el aprovechamiento de la energía; por ejemplo, la paila plana aleteada, a la cual se le había estimado un aprovechamiento de 49,8 kW, alcanzó los 146,7 kW. Por otro lado, precalentar el jugo usando vapor por medio del serpentín (figura 10.2) antes de la etapa térmica de clarificación permitió disminuir el tiempo que se requiere para calentar, lo cual aumentó la velocidad de evaporación del agua y la eficiencia térmica global del proceso.

### Desempeño de la unidad productora de panela

La evaluación del desempeño de la hornilla permite establecer la relación de aprovechamiento de recursos desde el punto de vista energético, ambiental y productivo. En la tabla 10.6 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación del desempeño de la hornilla. Se resalta que la eficiencia energética después de implementar el SRC (sistema de evaporación híbrido) se incrementó entre el 48 y el 53 % en el proceso de producción de panela, valor que supera al de la hornilla dimensionada sin el SRC (35,06 %) hasta en un 18 %. En términos productivos, la hornilla fue dimensionada para producir 90 kg de ANC/h; sin embargo, con la implementación del SRC, se logró un aumento de la productividad del 33 % en la producción de panela por hora. Asimismo, se observó una reducción del índice de consumo de combustible, al pasar de 2,05 a 1,33 kg de bagazo/kg de ANC, lo cual permitió reducir los índices de emisiones de CO y CO<sub>2</sub>.

### Viabilidad económica

Para la evaluación financiera, se consideraron los costos totales al final del proyecto (COP 150.633.642), pero, debido a que fue ejecutado en 2019, estos pueden cambiar por efecto del mercado de divisas y la disponibilidad de materiales como el acero. El costo de producción se estimó en COP 1.308/kg de ANC, considerando los datos de la tabla 10.1 y los honorarios de la zona rural de Nariño, los costos de las materias primas, los insumos, la energía y el combustible. Para el flujo de caja, se estableció un precio mínimo de venta de COP 1.800/kg de ANC. Adicionalmente,

se tuvo en cuenta la depreciación del prototipo en veinte años, con el modelo en línea recta, y un valor de salvamento como chatarra de COP 10.000.000.

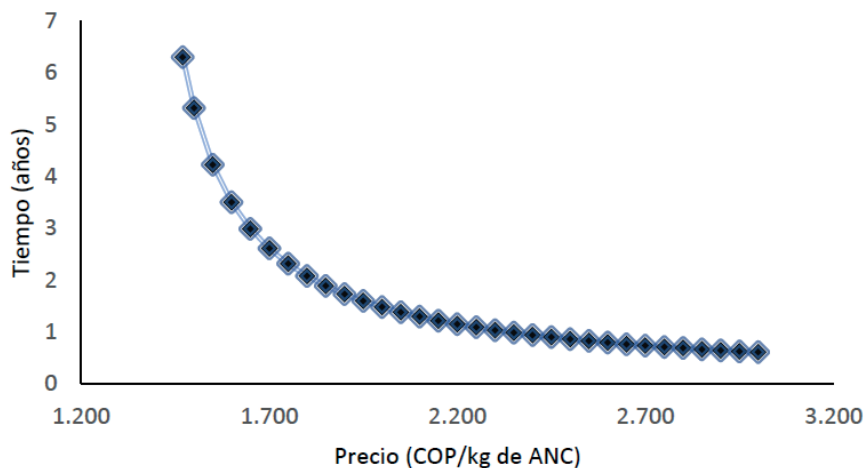
Con esta información, se determinó un valor presente neto de COP 272.556.436 y una tasa interna de retorno del 26,35 %, y se estimó el tiempo de retorno de la inversión con diferentes precios de venta directos al productor de ANC (figura 10.4). De esta forma, la rentabilidad promedio anual, la escala de producción y las condiciones de operación permiten aseverar que es un proyecto viable económicamente.

**Tabla 10.6.** Resultados de desempeño energético, productivo y ambiental de la hornilla tradicional inicial y con el sistema híbrido de evaporación

Variable	Hornilla tradicional inicial	Con sistema híbrido de evaporación
Consumo de combustible (kg de bagazo/kg de ANC)	1,84* ± 0,6	1,33 ± 0,4
Producción (kg de ANC/h)	65,52 ± 3,6	119,69 ± 5,2
Eficiencia térmica global (%)	31,20 ± 5,3	48,46 ± 1,8
Índice de emisión de CO <sub>2</sub> (kg de CO <sub>2</sub> /kg de ANC)	2,95 ± 0,8	2,54 ± 0,09
Índice de emisión de CO (kg de CO/kg de ANC)	0,102 ± 0,07	0,02 ± 0,005
¿Es autosuficiente?	No	Sí

\* +0,488 kg de leña/kg de panela

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 10.4.** Análisis de sensibilidad del tiempo de recuperación de la inversión de la hornilla con sistema híbrido de evaporación en función del precio de la panela (ANC).

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

La implementación de un SRC aumenta significativamente la eficiencia de una unidad productora de panela, con lo que se evita el uso de otros combustibles adicionales para su funcionamiento, lo cual tiene un efecto en los costos de producción y genera un impacto positivo en el medio ambiente. Con el sistema híbrido de evaporación, es posible incrementar la capacidad de producción de las hornillas, ya que para producir 120 kg de ANC/h se dimensionó una hornilla de 90 kg de ANC/h. Este sistema se presenta como opción para disminuir la brecha tecnológica en cuanto a la eficiencia térmica global presente entre los pequeños y medianos productores de la cadena productiva.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Gobernación de Nariño y al Sistema General de Regalías (SGR) por la financiación de los proyectos ejecutados por AGROSAVIA en el marco del convenio 1976 y a los demás integrantes

del proyecto “Mejoramiento de la eficiencia del proceso de combustión de bagazo y de transferencia de calor en los trapiques paneleros, mediante la implementación de quemadores de biomasa y sistemas pirotubulares de transferencia de calor”.

## Referencias

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Official methods of analysis* (17.<sup>a</sup> ed.).
- Espitia, J., Velásquez, F., López, R., Escobar, S., & Rodríguez, J. (2020). An engineering approach to design a non-centrifugal cane sugar production module: A heat transfer study to improve the energy use. *Journal of Food Engineering*, 274, artículo 109843. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109843>
- Gordillo Ariza, G., & García Bernal, H. R. (1992). *Manual para el diseño y operación de hornillas paneleras*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- La Madrid, R., Marcelo, D., Mendoza Orbegoso, E., & Saavedra, R. (2016). Heat transfer study on open heat exchangers used in jaggery production modules – Computational Fluid Dynamics simulation and field data assessment. *Energy Conversion and Management*, 125, 107-120. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.005>
- La Madrid, R., Mendoza Orbegoso, E., Saavedra, R., & Marcelo, D. (2017). Improving the thermal efficiency of a jaggery production module using a fire-tube heat exchanger. *Journal of Environmental Management*, 204(parte 1), 622-636. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.035>
- Prada, L. E., García, H. R., & Chaves Guerrero, A. (2015). Efecto de las variables de evaporación: presión y flujo calórico en la calidad de la panela. *Revista Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 7-23. <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v16n1/v16n1a02.pdf>
- Rodríguez, J., Velásquez, F., Espitia, J., Escobar, S., & Mendieta, O. (2018). Thermal performance evaluation of production technologies for non-centrifuged sugar for improvement in energy utilization. *Energy*, 152, 858-865. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.127>
- Velásquez, F., Espitia, J., Hernandez, H., Mendieta, O., Escobar, S., & Rodríguez, J. (2021). Improving the thermal, productive, and environmental performance of a non-centrifugal cane sugar production module using a heat recovery system. *Journal of Food Engineering*, 308, artículo 110688. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110688>