

## **Diseño de un sistema productivo sustentable para producción de panela en el Municipio de Nariño, Antioquia**

Y. Pérez

[yeison.perez2782@uco.net.co](mailto:yeison.perez2782@uco.net.co)

J. P. Sánchez

[juan.sanchez4683@uco.net.co](mailto:juan.sanchez4683@uco.net.co)

Universidad Católica de Oriente Cr. 46 No. 40B 50, Rionegro, CP 054040, Colombia.

### **Resumen:**

*Colombia es un país reconocido por la producción de panela a nivel mundial, pero con inconvenientes en sus métodos de realización del producto, por ser muy artesanales en varios lugares del territorio. Esto motivó a realizar este estudio para un diseño de un sistema productivo sustentable de panela en el Municipio de Nariño, Antioquia por su tradición en la elaboración de este tipo de productos. El diseño se elabora a partir de diagramaciones que muestren las actividades del proceso y determinando la tecnología que se desea implementar, siendo un punto decisivo en la manera de producción de la panela; por último, se hace la distribución más pertinente en los centros de trabajo, teniendo en cuenta las medidas en las áreas de los diversos lugares de producción y que sirva finalmente como base para las personas de la región que deseen emprender en la producción de panela, una forma amigable con el ambiente*

*Palabras clave: Panela, Trapiche, Caña de azúcar, Bagazo, Horno*

### **Introducción**

Según el Ministerio de Agricultura en Colombia la producción de panela está constituida entre las agroindustrias más importantes del país generando así ingresos para más de 350.000 familias, entre productores, trabajadores y comerciantes a partir puestos de trabajos permanentes. Se estima la existencia de cerca de 20 mil trapiches (infraestructura donde se extrae el jugo de caña de azúcar, para producir panela) en el país, donde el 90% de estos se ubican en Valle Del Cauca, Boyacá, Antioquia, Tolima, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Norte de Santander y Risaralda con su materia prima, la caña de azúcar, la cual se cultiva en 511 municipios de 28 departamentos del país. [1]

En las últimas décadas la producción de panela se ha establecido como un sistema rentable en el Departamento de Antioquia, brindando oportunidades a las pequeñas unidades productivas establecidas en sus diferentes zonas rurales y para este caso, en algunos municipios del oriente Antioqueño.

Sin embargo, la implementación tradicional y artesanal de este sistema productivo genera contratiempos desde la siembra de la caña hasta el moldeo y empaque que perjudican la utilidad del producto. Esto se debe a que el lugar donde se realiza la molienda no cuenta con las herramientas necesarias ni espacios adecuados para que sea un producto de alta calidad. Además, se presentan varias actividades manuales que generan procesos que requieren considerables tiempos de producción, y finalmente, se producen afectaciones al medio ambiente en lo concerniente a emisiones atmosféricas no controladas y generación de residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña).

Por estos motivos, se propone el diseño de un sistema productivo sustentable para la producción de panela en Nariño, Antioquia, en el cual su población rural tiene la costumbre de elaborarla de manera tradicional y por lo cual requieren que se les brinde conocimiento y nuevas formas de producción, con el fin de generar sostenibilidad económica y ambiental que conlleven tanto a mejorar el proceso como la calidad de vida de las personas involucradas en él.

A partir de esta necesidad, surge entonces la pregunta de ¿Cómo diseñar un sistema productivo sustentable para producción de panela en un municipio como lo es Nariño, Antioquia?, debido a que este renglón de la economía ha sido poco estandarizado y diseñada sosteniblemente hacia estándares mínimos que generen sostenibilidad financiera.

Por otro lado, los tiempos productivos son inadecuados, y se presentan labores poco tecnificadas, ni optimizadas. Por otro lado, el producto final queda con residuo tóxicos [2], por el uso de algunos materiales no debidos (clarol y anilinas, por ejemplo), los cuales reducen la calidad de la panela, generan problemas sanitarios y hacen que el productor no se sienta satisfecho con el producto.

Se suma a esto la forma física de este producto: no varía y no esta ajustado su peso, tamaño y forma; por concerniente las personas que hacen las labores de moldeo (darle forma a la panela) no son conocedoras de la importancia de las cantidades exactas de producto terminado. También se generan sobreesfuerzos físicos en los empleados lo que conlleva a problemas de salud y seguridad en el trabajo, estrés laboral, cargas no adecuadas en su trabajo y baja productividad de alta calidad y productos establecidos.

Esto concibe que la materia prima este compuesta por elementos que producen demoras en las actividades (líquidos, insumos, jugos, materiales), no se cuentan con controles de los residuos producidos, la forma física sea poco innovadora, remuneración no suficiente y búsqueda de otras alternativas de trabajo, a lo que finalmente se deriva en pocas ganancias.

Por esta razón se establece un objetivo para este estudio que permita proponer un diseño de un sistema productivo sustentable para producción de panela en el municipio de Nariño Antioquia, el cual deriva en objetivos específicos consistentes en explicar el abastecimiento del sistema de donde se obtiene la materia prima, determinar cada una de las etapas que

contiene el proceso, especificar las maquinarias y los equipos que están involucrados en cada una de las etapas del proceso y por último realizar un análisis económico del proyecto.

Esto permitirá mejorar sosteniblemente la planta de producción panelera para mejorar en la calidad de vida de los trabajadores, aumentando los ingresos de los colaboradores y productores, desarrollar productos innovadores y que sean del agrado de los consumidores, disminuir el impacto ambiental negativo en la producción, reducir esfuerzos al modificar formas físicas del producto, identificar variables que afectan la calidad del producto, transformación de actividades ineficientes y adecuación del tiempo de producción.

### **Métodos de investigación**

El estudio realizado en el diseño productivo sustentable para la producción de panela en el municipio de Nariño Antioquia es explicativo, porque pretende mostrar de manera secuencial el proceso de siembra crecimiento y corte de la caña de azúcar, para después continuar describiendo los pasos que se llevan a cabo y maquinarias utilizadas en la producción de panela y, por último, mediante un análisis económico se comprueba la viabilidad del proyecto.

El primer objetivo planteado, consiste en explicar el proceso de abastecimiento para la producción de panela, identificando la variedad de caña que mejor se adapta a la región en cuanto a productividad. Posteriormente, y por medio de esquemas y textos se narran los pasos en el ciclo de vida de la caña de azúcar, determinando la forma de siembra, desmalece y corte, teniendo en cuenta las diferentes variables ambientales que intervienen en su crecimiento y por último, se describe el medio de transporte para llevar la materia prima hasta la planta productora de panela.

Con la caña de azúcar en el trapiche se da respuesta al segundo objetivo, que consiste en determinar las etapas del proceso en la producción de panela, utilizando los siguientes métodos;

- **Diagrama de flujo:** Describe de manera secuencial las actividades que se realizan para la producción de panela, mostrando las operaciones, puntos claves, materiales utilizados en el procedimiento y finalmente el producto terminado [3].
- **Layout:** La distribución en planta o layout, es el proceso de ordenamiento de los elementos que conforman el sistema productivo en el espacio físico, de manera que se alcancen los objetivos de producción de la forma más adecuada y eficiente posible. [4], en este caso se explica esta herramienta para el proceso de panela.

- **Diagrama de Ishikawa:** En cada actividad se realizó el procedimiento de la espina de pescado para identificar la estructura de cada proceso, con el propósito de observar detalladamente las necesidades de las operaciones [5].
- **Balance de masas:** Se describió la transformación de la caña de azúcar en cada operación lográndose identificar el aprovechamiento o porcentaje de productividad.

El tercer objetivo, consiste en especificar las maquinarias y equipos de cada una de las etapas del proceso. Se recolectaron datos teóricos en cada operación, identificando la maquinaria necesaria en la línea de producción, determinando, capacidad y dimensiones.

El último objetivo especifica un análisis económico del proyecto. Después de tener claridad sobre la maquinaria necesaria, se efectuó la consulta de sus precios en el mercado y se presupuestó, teniendo en cuenta el costo de la mano de obra, servicios e insumos requeridos y por medio de los flujos de caja y Análisis financieros (Van, TIR y relación B/C) determinar la viabilidad económica del proyecto.

## Resultados

### *Abastecimiento para la producción de panela*

En el municipio de Nariño Antioquia el proceso de siembra consiste en realizar perforaciones de 10 cm, con un distanciamiento entre surcos de 1,60 metros y una distancia entre plantas de caña de 70 cm.<sup>1</sup> En cada apertura, se siembran tres tallos que tendrán de manera individual tres botones siendo el lugar por donde iniciara el crecimiento de la planta y por último, la caña sembrada se cubre con una capa delgada de tierra con el propósito de evitar el los rayos del sol de manera directa y aprovechar los nutrientes que brinda el suelo (Imagen 1).



*Imagen 1 Proceso de siembra de caña*

---

<sup>1</sup> Conocimiento por experiencia personal de los autores.

Durante el proceso de crecimiento que tarda aproximadamente de 18 a 24 meses para estar la planta en estado maduro (imagen 2), y lista para su primer corte, se deshoja y desmaleza. En este periodo se deberá abonar mínimamente en una ocasión.



*Imagen 2 Etapa de crecimiento*

Cuando la caña está lista para el corte, es fundamental que la persona encargada de realizar la actividad tenga conocimiento en seleccionar la planta madura, porque puede afectar directamente la calidad de la panela. También debe realizar una extracción cuidadosa de sus retoños para evitar pérdidas de estas (imagen 3).



*Imagen 3 Momento del corte de la caña de azúcar*

Finalmente, se transporta la materia prima en semovientes (mulas de herradura) por caminos hasta el lugar donde se realiza la transformación de la caña de azúcar en panela (imagen 4).



*Imagen 4 Transporte a traves de mulas de carga*

La relación que existe entre la cantidad de materia prima (caña de azúcar) y de panela producida, depende del tipo de caña, los suelos y fertilizantes utilizados. El rendimiento más aproximado es en producto terminado de 8% a 10%, es decir, 100 kg de caña generan 10 kg de panela [6, p. 19]. Para este proyecto se asumirá este rendimiento con una producción de 14 horas por semana (temporalidad promedio en entables paneleros), queriendo decir que, para producir 151 kg de panela se necesitan de 3 horas, lo que infiere que en la jornada laboral se podrá realizar este proceso en 4,666 veces. Así, se requerirían de 6,99 toneladas de caña de azúcar por semana, y la necesidad por mes será de 27,96 toneladas.

Las variedades recomendadas para el departamento de Antioquia son: RD 75-11 y CC 84-75 [7]. Estas variedades se caracterizan además por tener mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades y por una alta concentración de azúcares. La RD 75 – 11 se escoge porque se puede ubicar en la zona de estudio del Municipio de Nariño pues al tener una altura de 1.650 m.s.n.m, pendientes y precipitaciones altas, esta se adaptaría muy fácil (exige alturas superiores de 1400 m.s.n.m) [7, p. 62].



*Imagen 5 Variedad de caña RD 75-11, Nota. Adaptado de [Fotografía] Catalogo de variedades segunda edicion de cenicaña*

Esta variedad es originaria de República Dominicana. Sus tallos largos, reclinados y curvos son medianamente gruesos, de color amarillo verdoso, con entrenudos largos, cilíndricos y cubiertos con ceresina. Su hábito de crecimiento es semierecto, con hojas largas, angostas y puntas dobladas, poseen un color verde amarillento. Se comporta muy bien en suelos que no presentan excesos de humedad. Presenta restricción en ambientes que propicien la floración. La maduración es semitardía y es muy estable en este proceso. [7, p. 60]

En la tabla 1, se presentan varios indicadores en las diferentes variedades de caña de azúcar escogida para el proyecto, que son de importancia a la hora de tomar una decisión para el diseño del sistema productivo.

*Tabla 1 Principales características de las variedades de caña de mayor potencial*

| <b>Variedad</b>               | <b>PR 61-832</b> | <b>PR 11-41</b> | <b>RD 75-11</b> | <b>CC 84-75</b> |
|-------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Deshoje natural               | Regular          | Parcial         | Difícil         | Bueno           |
| Volcamiento de tallos         | Resistente       | Sí (60%)        | Sí (55%)        | Sí (20%)        |
| Floración                     | Escasa – nula    | No presenta     | Sí (13%)        | No presenta     |
| Rajadura de corteza           | Frecuente        | No presenta     | Sí (5%)         | Sí (2%)         |
| Presencia de lalas            | No presenta      | No presenta     | Algunas         | No presenta     |
| Contenido de pelusa           | No presenta      | No presenta     | Ausente – poca  | Poca – rala     |
| Altura promedio planta, m     | 2,69             | 3,18            | 3,77            | 3,3             |
| Altura promedio corte, m      | 2,21             | 2,66            | 3,12            | 2,94            |
| Longitud entrenudos, cm       | 9,1              | 10,5            | 10,02           | 7,3             |
| Índice de crecimiento, cm/mes | 13,45            | 15,9            | 18,33           | 17,9            |
| Entrenudos/mes #              | 1,45             | 1,5             | 2               | 2,4             |
| Peso tallo molible, kg        | 1,34             | 1,27            | 1,64            | -               |
| Producción cogollo, t/ha      | 26,95            | 14,73           | 51,03           | 37,92           |
| Producción de biomasa, t/ha   | 190,86           | 126,45          | 270,03          | -               |
| Producción de panela, t/ha    | 16,46            | 11,42           | 24,19           | 28,4            |
| Producción de cachaza, t/ha   | 5,1              | 4,01            | 7,5             | 9,2             |
| Bagazo verde, t/ha            | 55,1             | 43,01           | 77,4            | 101,1           |
| Brix jugo. °B                 | 20,3             | 21              | 21,4            | 22,4            |
| Azúcares reductores, %        | 1,3              | 0,9             | 1,1             | 0,51            |
| Pol (sacarosa), %             | 18,9             | 19,9            | 20,1            | 20,8            |

*Fuente: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) Guillermo Osorio Cadavid, 2007*

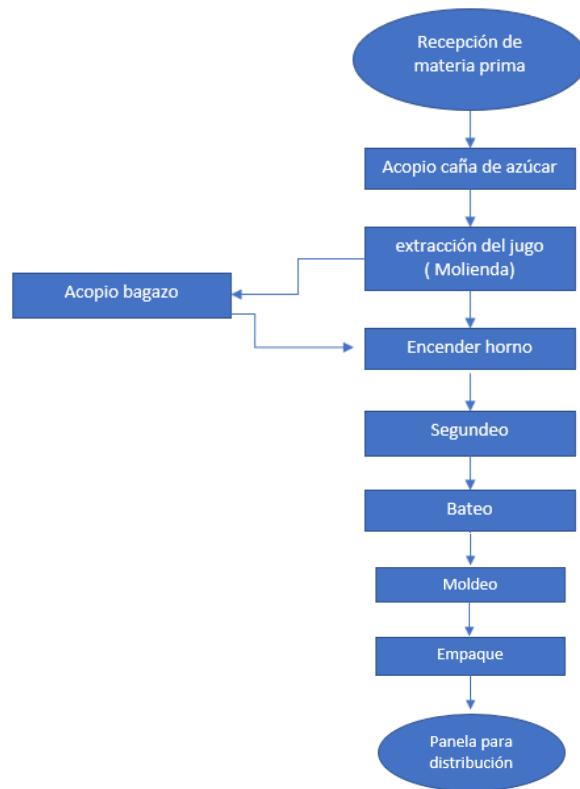
### ***Etapas del proceso en la producción de panela.***

#### **- Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo es una de las herramientas más extendidas para el análisis de los procesos. La visión gráfica de un proceso facilita la comprensión integral del mismo y la detección de puntos de mejora. El diagrama de flujo es la representación gráfica del proceso [8, p. 9]. Conociendo las etapas del sistema, permite tomar decisiones acertadas en la producción con el fin de generar una alta productividad en la elaboración de panela.

En el diagrama 1, se observa la secuencia que tiene el proceso de producción de panela para el proceso productivo propuesto, describiendo las operaciones u actividades, para entender los pasos en el proceso, con el propósito de implementar estrategias que ayuden al mejor manejo de los recursos y de esta manera llevar un control que garantice la calidad del producto.





*Diagrama 1 flujo del proceso de la panela*

Cuando se recibe la caña como materia prima se realiza un proceso denominado BRIX con el fin de determinar la maduración de la caña. Este es un análisis donde se establece el nivel mínimo de sacarosa. Para ello se utiliza un refractómetro, consistente en extraer una muestra del tallo de la caña para medir el porcentaje de este azúcar y las hojas para determinar si existe un nivel de humedad inferior al 82%.

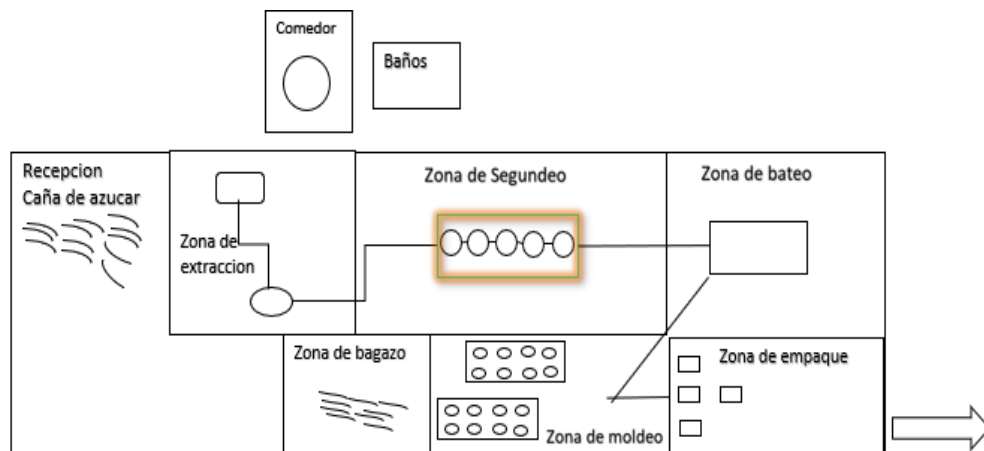
La extracción del jugo se realiza a través de un motor con movimientos rotativos para moler la caña, obteniendo el insumo principal para la elaboración de la panela y el residuo sólido orgánico que queda conocido como bagazo, se seca, para posteriormente utilizarlo en el horno como combustible.

Al momento de realizar la limpieza, se adicionan de floculantes, siendo hojas de Badillo o balso las encargadas de unir las impurezas en pequeños copos, para después ser retiradas por un operario. Posteriormente y por medio de la generación de calor obtenida del horno, se elimina el 90% de agua, donde se debe mantener una temperatura aproximada de 90 y 100°C. Cuando el jugo en su forma física se convierte en semisólido (miel de caña), se logra una temperatura entre 118°C y 123°C. Cuando se alcanza este punto, se traslada la mezcla a

moldes, donde se determinan las medidas de moldeo de la panela según las características deseadas.

### - **Layout**

Este gráfico señala la distribución de los elementos dentro del área de trabajo, como son estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento y áreas comunes.

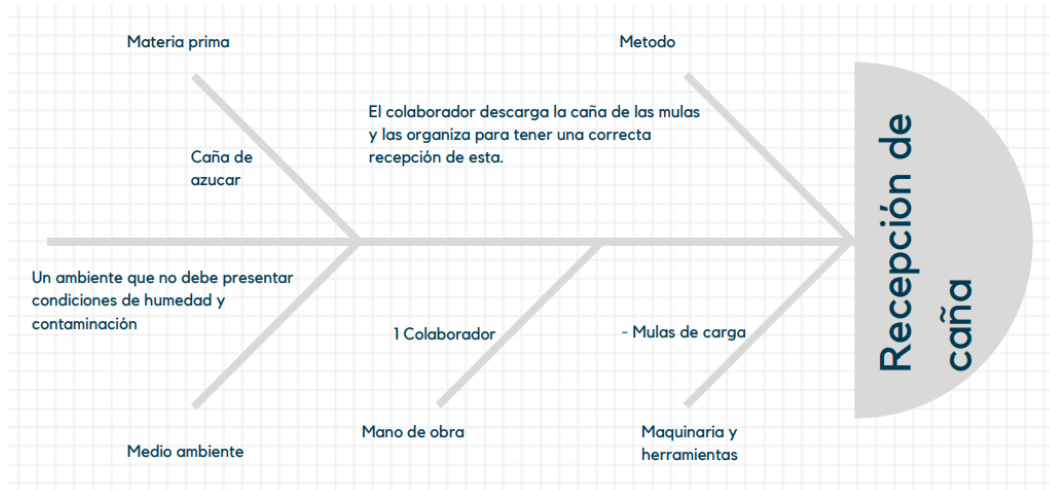


*Imagen 6. Layout del area del proceso (Elaboración propia)*

En la imagen 6, se observa la distribución del lugar de trabajo, con sus 7 áreas y zonas comunes como son el comedor y baños. La primera, es la recepción de la materia prima, siguiendo con la zona de extracción donde se cuenta con maquinarias como el trapiche y el motor que mueve y brinda potencia. La zona de almacenamiento de bagazo se encuentra entre el lugar de extracción y el segundeo, el cual es un proceso se retiran las impurezas para clarificar el jugo. Se continúa el bateo, que es una actividad donde se agita el jugo proveniente del segundeo para volverlo a un estado semisólido (punto de miel).

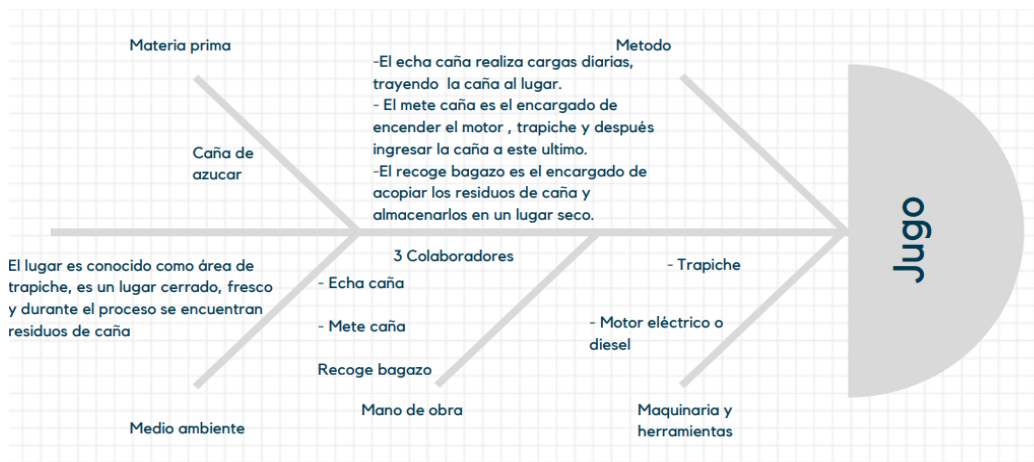
Esta área se conecta con la zona de moldeo donde se encuentran las gaveras, la cuales son recipientes de madera grandes donde se vierte la miel, para dar forma física deseada a la panela mientras esta se enfría, sobre dos mesas de aluminio. Finalmente, en el área de empaque, una selladora envuelve por pares, se almacena el producto terminado y se transporta. Las zonas comunes son importantes para los trabajadores, como lo son comedor y baños, ubicándose en espacio alternos para proteger el producto de posibles contaminaciones.

- **Diagramas de Ishikawa**



*Diagrama 2, estructura del proceso de recepcion de caña.*

Según el diagrama 2, en la recepción de la caña de azúcar, un colaborador será el encargado descargar la materia prima de las mulas de carga. También debe realizar una limpieza previa con agua retirando la suciedad y tierra presente y por último ubicarla en un lugar seco y limpio evitando que esta se contamine.



*Diagrama 3, estructura del proceso de extraccion del jugo.*

En esta etapa (diagrama 3), la materia prima ingresa al trapiche el cual estará conectado a un motor para procesar la caña de azúcar. Para ello, se emplean tres colaboradores los cuales tienen tareas definidas: uno de ellos será el encargado de suministrar la materia prima, el segundo ingresa la caña a la máquina y, por último, el tercero debe recoger el bagazo que se

produzca en el área y llevarla a un lugar seco y apilarlo. En este proceso se espera como producto el jugo de caña que será llevado al proceso de segundeo.

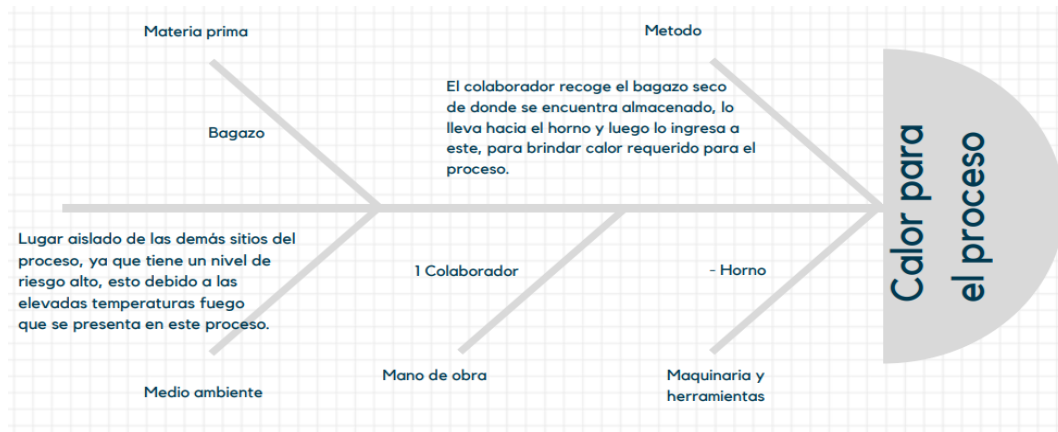


Diagrama 4, estructura del proceso del horno

El encargado del horno (diagrama 4), es un colaborador que tiene como tarea suministrar bagazo al horno, para garantizar combustible, con el fin de suministrar el calor necesario a todo el proceso de segundeo. El espacio donde está ubicado, debe ser un lugar aislado por el peligro de altas temperaturas presentes.

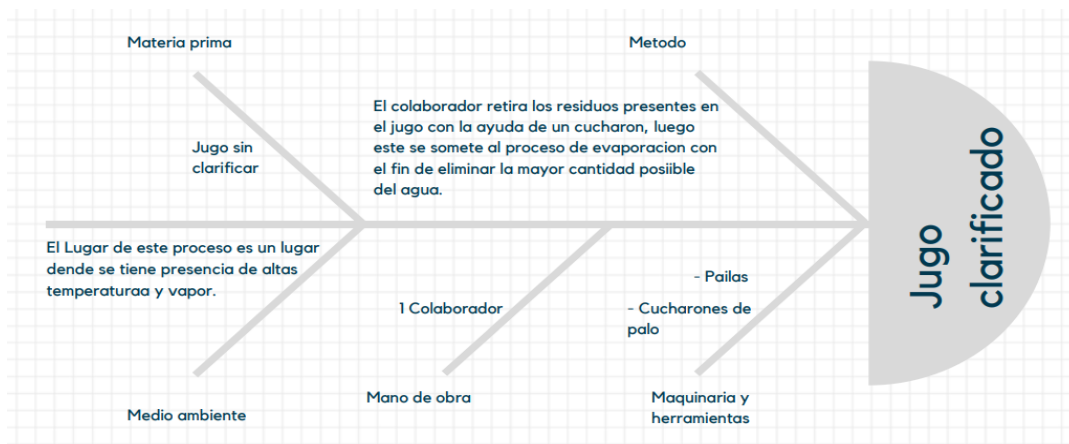


Diagrama 5, estructura del proceso de segundeo..

En esta fase (diagrama 5), el jugo de caña se transporta en cinco recipientes denominados pailas, las cuales se calientan a una temperatura aproximada a 100 °C, con el fin de evaporar la mayor parte del agua. Para ello, se emplea un colaborador que traslada el jugo entre paila y paila y también realiza limpieza retirando insectos y residuos de bagazo u otros residuos, buscando eliminar de impurezas a la mezcla durante su recorrido para llevarla al bateo.

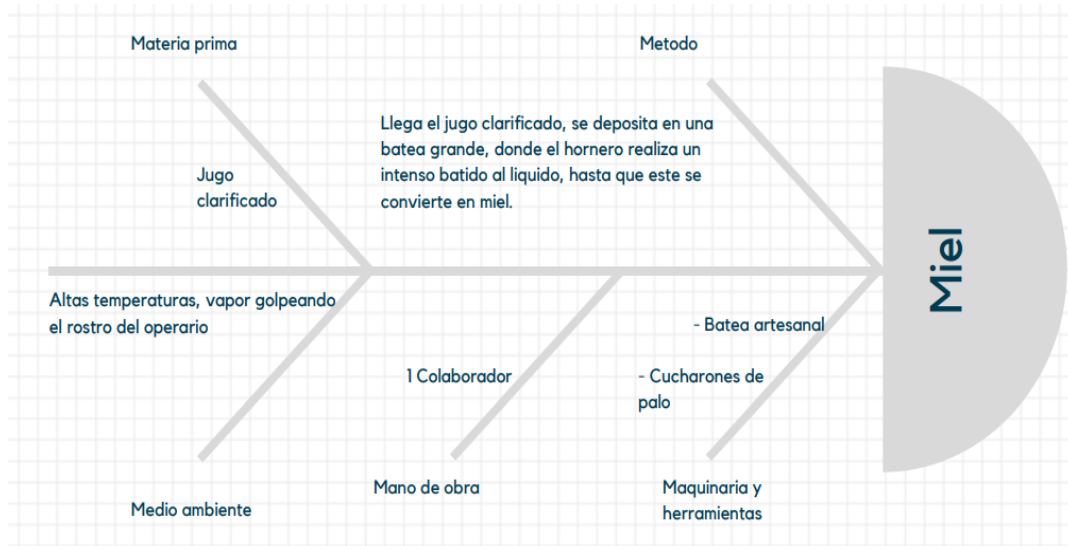


Diagrama 6, estructura del proceso de bateo.

En esta etapa (diagrama 6), el jugo clarificado y limpio se convierte en miel. Para esto se emplea un colaborador que es el encargado de batir el jugo intensamente por lo menos por 25 minutos hasta llegar a punto de miel, y luego ser trasladada a moldeo.

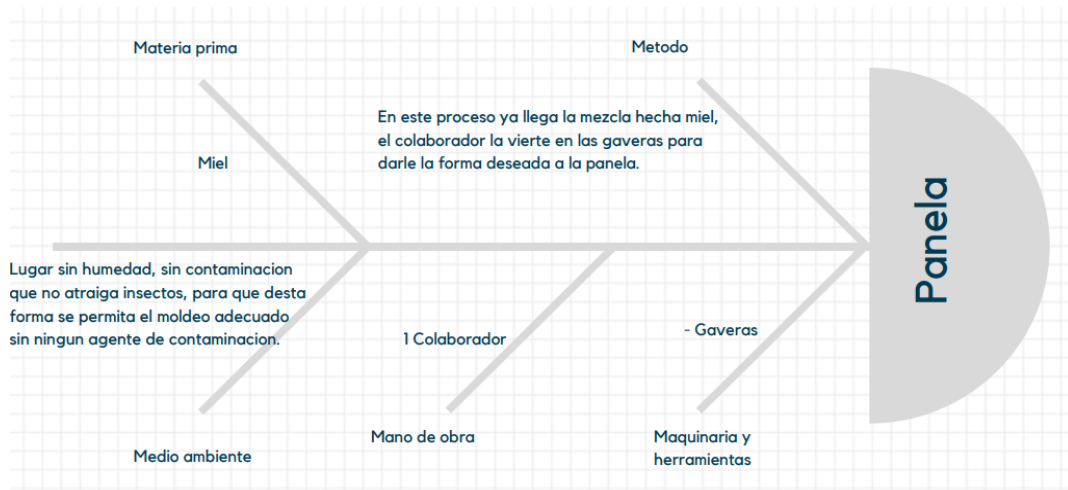


Diagrama 7, estructura del proceso de moldeo.

Para el proceso de moldeo, la miel se endurece y se conforma la panela. Para ello, un colaborador verterá la miel semisólida en gaveras para darle la forma deseada y se deja por un tiempo de 40 minutos hasta que llegue a temperatura ambiente, logrando estar en un estado sólido.

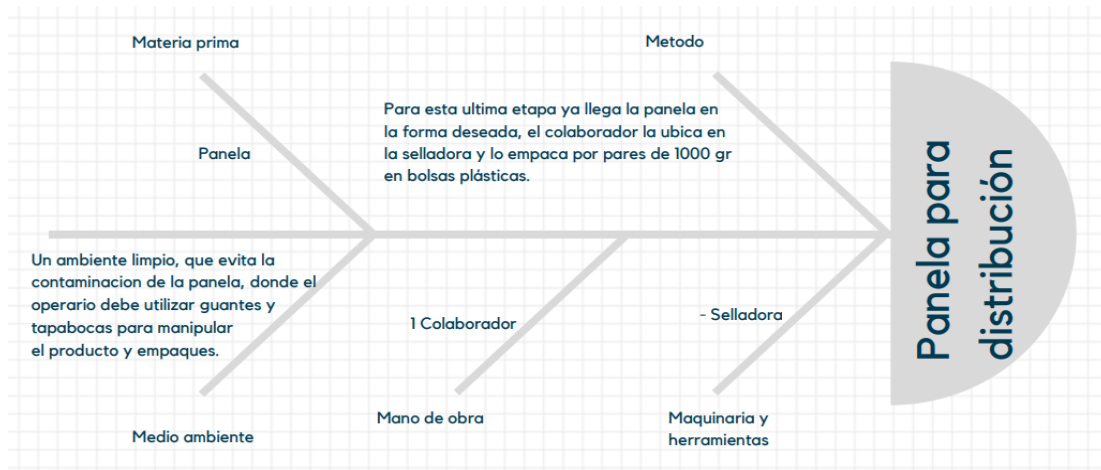


Diagrama 8, estructura del proceso de empaque.

El último proceso (diagrama 8) del sistema, requiere de un colaborador que realice el empaque del producto en bolsas plásticas. Este debe cumplir con normas de inocuidad como son el uso de guantes y tapabocas en la manipulación del alimento. En esta actividad la panela se distribuye en pares, se empaqueta en bolsas sellables con un peso de 1.000 gramos y pasar por una selladora plástica de temperatura.

- **Balance de masa**

El balance de masa puede definirse como la contabilidad de entradas y salidas de masa en un proceso o de una parte de éste. No es más que la aplicación de la ley de conservación de la masa.

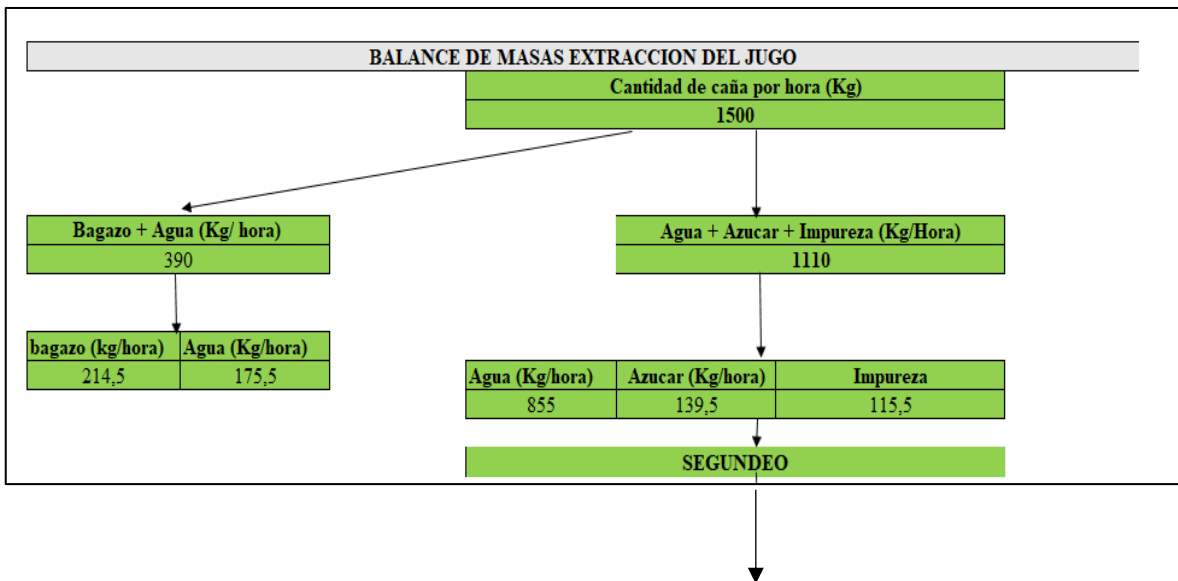
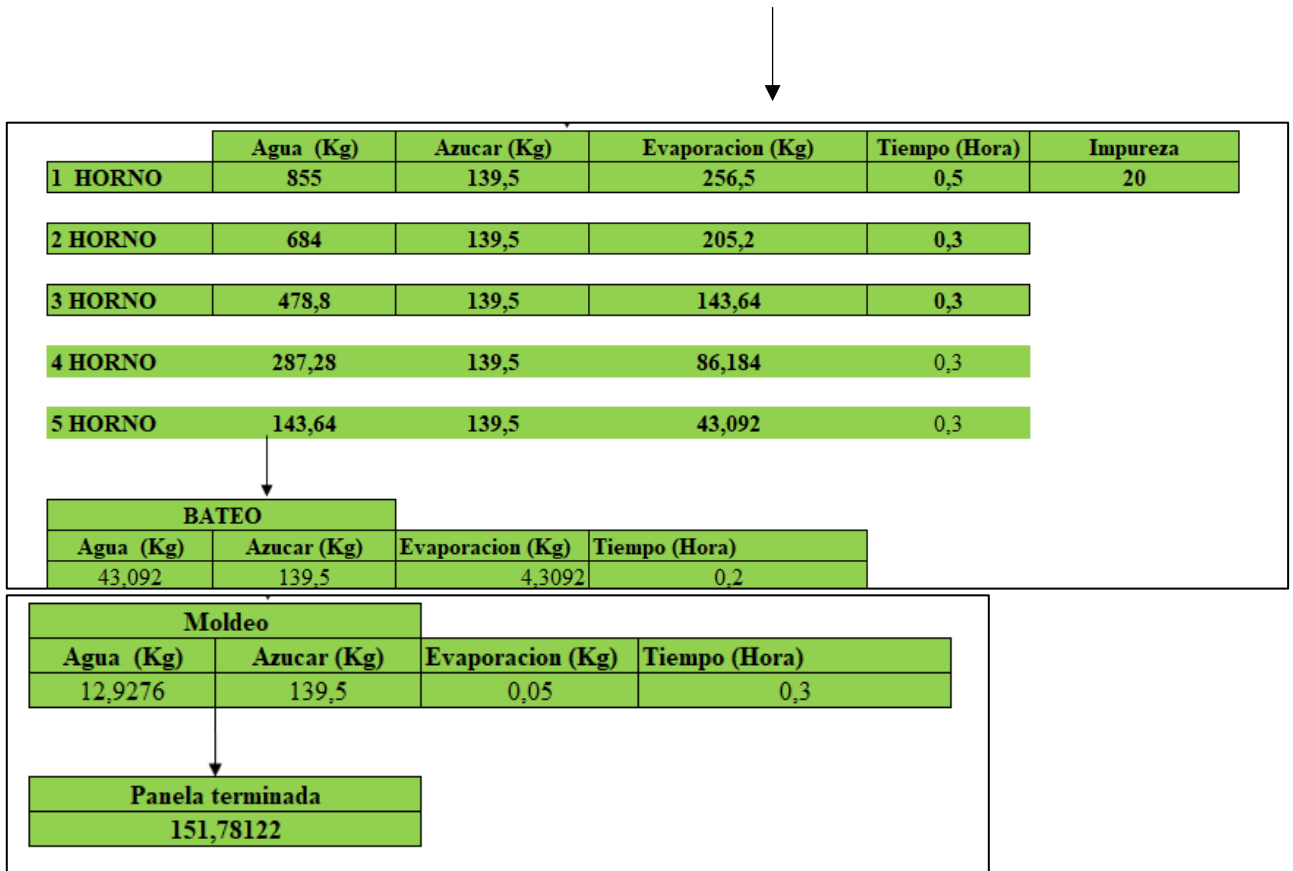


Diagrama 9 Balance de masas: extracción del jugo



*Diagrama 10 Balance de masas: Horno, bateo y moldeo*

En el balance de masa (diagrama 9 y 10) del proceso, 1500 kg de caña de azúcar entran al proceso, de los cuales el 26% se convierte en bagazo húmedo con un total de 390 Kg que se almacenan mientras este se seca para luego utilizarlo como combustible. El otro 74% se convierte en una mezcla de agua, azúcar e impurezas, con un total de 1110 Kg.

Posteriormente, en la limpieza del líquido se retira un porcentaje de 7,7% de impurezas. Luego la mezcla continua con el proceso de segundo donde recibe calor a una temperatura igual o mayor de 100 °C con el fin de evaporar la mayor parte de agua posible; esto se da en 5 hornos diferentes. En el primero, se somete a un calor con esta temperatura por un tiempo de 30 minutos, y luego en cada uno de los otros cuatro hornos recibe el mismo calor y temperatura por un periodo cercano a 18 minutos.




Luego en el bateo permanece por 12 minutos convirtiéndose en miel; después ingresa a la zona de moldeo para lograr producir 151 Kg de panela.

## Maquinarias y equipos necesarios para el proceso

Tabla 2 Descripción de maquinaria y herramientas

| Maquinaria  | Proceso            | Descripción   |
|---|--------------------|---|
| <p>Extractora de jugo</p>  | Extracción de jugo | <p>Fuerza requerida: 10- 13 HP<br/>           Velocidad del volante: 180 a 220 r.p.m<br/>           Velocidad maza mayal: 15 a 18 r.p.m<br/>           Capacidad de molienda: 1350 a 1500 Kg/h<br/>           Peso neto: 800 Kg<br/>           Proveedor: Gerrey<br/>           Precio: \$ 18'500.000</p> |
| <p>Motor eléctrico</p>    | Extracción de jugo | <p>Marca: Weg<br/>           Potencia: 12,5 HP / 5.50 kW<br/>           Dimensiones: 30cm alto x 38cm ancho x 50cm largo<br/>           Precio: \$3.783.600</p>   |
| <p>Motor diésel</p>      | Extracción de jugo | <p>Marca: Master<br/>           Potencia: 13 HP/ 3,1 litros/hora<br/>           Precio: \$1.435.900</p>   |
| <p>Pailas</p>            | Segundeo           | <p>5 pailas de Medidas de 90 cm de diámetro, 1m de ½ de pulgadas.<br/>           Lamina calibre 20<br/>           Precio: \$ 850.000 c/u</p>  |
|                          | Segundeo           | <p>5 falcas en acero inoxidable de calibre 20 para pailas<br/>           Precio: \$ 550.000 c/u</p>   |



|   |                |   |
|---|----------------|---|
| <p>Gaveras</p>           | <p>Moldeo</p>  | <p>8 gaveras redondas regla de 6 para panela de 500 gramos, 16,5 cm x 133 cm.</p>                                       |
| <p>Mesa de aluminio</p>  | <p>Moldeo</p>  | <p>2 mesas en aluminio de 300 cm x 40 cm, altura 80 cm</p>  |
| <p>Selladora</p>         | <p>Empaque</p> | <p>Marca: Fuller Machiney<br/>Banda continua<br/>Alimentación: 110v<br/>Velocidad: 12m/min<br/>Precio: \$ 1'697.000</p> |

*Fuente: elaboración propia*

En la tabla 2, se muestra la información de maquinaria y herramientas que son necesarias para una adecuada operación del sistema productivo sustentable de panela, clasificándolas en un primer grupo al trapiche, el motor eléctrico o diésel y la selladora, indicando lo requerido para su funcionamiento, su capacidad y su precio en el mercado. En el segundo conjunto se encuentran las pailas con sus respectivas falcas, batea, mesa y gaveras, indicando su capacidad y dimensiones. Para las máquinas y equipos se especifica las etapas del proceso donde pertenecen.

### ***Análisis económico y viabilidad de la producción de panela***

Con el fin de medir la rentabilidad y viabilidad del proceso productivo, se realiza un análisis que involucra los diferentes ingresos y egresos que se presentan, teniendo en cuenta las maquinas, la cantidad de mano de obra calificada y no calificada e insumos. Se realiza entonces, una comparación económica de dos alternativas: en una se utiliza un motor eléctrico que permite reducir la contaminación al medio ambiente pues no se utilizaría combustibles fósiles, mientras que la segunda bajo producción tradicional se realiza con un motor Diesel.

- **Presupuesto**

*Tabla 3 Presupuesto alternativa 1*

| <b>Presupuesto</b>       |                    |                       |                   |
|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Item</b>              | <b>Descripción</b> | <b>Valor Unitario</b> | <b>Porcentaje</b> |
| 1                        | Recepción material | \$ -                  | 0%                |
| 2                        | Extracción de jugo | \$ 24.283.600         | 59%               |
| 3                        | Horno              | \$ 3.250.065          | 8%                |
| 4                        | Segundeo           | \$ 7.725.000          | 19%               |
| 5                        | Bateo              | \$ 920.000            | 2%                |
| 6                        | Moldeo             | \$ 2.960.000          | 7%                |
| 7                        | Empaque            | \$ 1.697.000          | 4%                |
|                          |                    |                       | 100%              |
| Subtotal costos directos |                    | \$ 40.835.665         |                   |
| Gastos operacionales     |                    | 7 \$ 2.858.497        | 6%                |
| Utilidades               |                    | 7 \$ 2.858.497        | 6%                |
| Iva sobre utilidades     |                    | 19 \$ 543.114,34      | 1%                |
| <b>Total propuesta</b>   |                    | <b>\$ 47.095.772</b>  |                   |

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 4 Presupuesto alternativa 2*

| <b>Presupuesto</b>       |                    |                       |                   |
|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Item</b>              | <b>Descripción</b> | <b>Valor Unitario</b> | <b>Porcentaje</b> |
| 1                        | Recepción material | \$ -                  | 0%                |
| 2                        | Extracción de jugo | \$ 21.935.600         | 57%               |
| 3                        | Horno              | \$ 3.250.065          | 8%                |
| 4                        | Segundeo           | \$ 7.725.000          | 20%               |
| 5                        | Bateo              | \$ 920.000            | 2%                |
| 6                        | Moldeo             | \$ 2.960.000          | 8%                |
| 7                        | Empaque            | \$ 1.697.000          | 4%                |
|                          |                    |                       | 100%              |
| Subtotal costos directos |                    | \$ 38.487.665         |                   |
| Gastos operacionales     |                    | 7 \$ 2.694.137        | 6%                |
| Utilidades               |                    | 7 \$ 2.694.137        | 6%                |
| Iva sobre utilidades     |                    | 19 \$ 511.885,94      | 1%                |
| <b>Total propuesta</b>   |                    | <b>\$ 44.387.824</b>  |                   |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 3 y la 4, se especifican siete etapas en el proceso de producción de panela. Para la recepción de materia prima no se requiere de ninguna inversión pues no se necesita maquinaria. En la extracción de jugo se requiere de mayor inversión porque se debe adquirir maquinas como: trapiche (\$18.500.000) y un motor que si es eléctrico su costo sería \$3.783.600, mientras que el motor diésel es de \$1.435.600, con una diferencia de \$2.348.000.

En esta fase, se tienen valores diferentes en ambas alternativas, luego los costos son similares en las otras 6 etapas. Para el horno se debe construir infraestructura con una dosificación 1:2:2, es decir se va a utilizar 1 parte de cemento por 2 partes de arena y 2 de agua, lo que implica costos en materiales como: ladrillos refractarios, cemento, arena, agua y también en mano de obra.

Para el segundeo, se requieren de \$7.675.000 para la compra de 5 pailas cada una con un precio de \$950.000, al igual que sus respectivas falcas con un precio de \$550.000 c/u y 5 cucharones de palos. En el proceso de bateo la inversión se realiza para una batea con un valor de \$ 850.000 y una pala de madera incluida. En el proceso el moldeo se requiere de 8 gaveras cada una con precio de \$120.000 y de dos mesas de aluminio con un costo de \$1.000.000, y por último el valor en el proceso de empaque se da por la adquisición de una selladora automática con un valor de \$1.697.000.

#### - **Indicadores**

El flujo de caja es la diferencia de todas las entradas (ingresos) y salidas (egresos) netas de dinero de una entidad empresarial, el cual brinda uno de los indicadores más relevantes. La misma permite precisar la liquidez de la empresa. La evolución de la condición de flujo de dinero permite valorar la capacidad de esta para producir riqueza y asiste a quienes toman estratégicamente decisiones sobre las funciones de la actividad empresarial, el modelo de financiamiento y posibles inversiones. [9]

Para el flujo de caja se realizó un análisis con las dos alternativas a 4 años. En el primer año se busca distribuir los primeros 6 meses en adquisición de maquinaria y construcción de infraestructura. Se espera que para el mes seis inicie el proceso productivo, y que desde ese instante se generen ingresos por venta del producto.

El precio por cada par de panela se calcula por un valor de \$3.200 pesos. Se determina además la producción en 2.818 pares por mes. Para ello, se tienen egresos por mano de obra calificada (M.O:C) donde se contará con un tecnólogo industrial para todo el sistema productivo el cual colaboraría 56 horas/mes. La mano de obra no calificada (M.O.N.C) se establece en 7 colaboradores que cubrirán las operaciones productivas. En la fase de extracción de jugo, que no será constante, podrá asumirse que los 3 operarios allí laborando, podrán cubrir otras tareas operativas posteriores. Cada uno de ellos, laborara 56 horas/ mes.

Los insumos para ambas alternativas serán la adquisición de materia prima es decir la caña de azúcar con un precio estimado por tonelada de \$44.900; bolsas plásticas para empacar los pares de panela donde el rollo de 1kg tiene un precio de \$15.000 y contiene 4.000 unidades de bolsas; para la forma tradicional de producción, se genera un costo adicional por el combustible, para el motor diésel donde 1 litro equivale a \$2.360,11422; el pago de impuestos y de servicios públicos consta de pagar un rubro por cada uno. Para servicios públicos se calcula el consumo de agua y uso de alcantarillado. La alternativa con motor

eléctrico genera un gasto adicional en energía eléctrica, y por último, los gastos operacionales y utilidades.

En el segundo año, continúan los ingresos de venta al igual que los egresos antes mencionados con la excepción de los gastos operaciones y utilidades, para ambos proyectos se trabaja con una tasa de interés del 4%.

*Tabla 5 Análisis económico alternativa 1.*

|                                       |                          |                    |                    |                    |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Tasa de interes</b>                |                          | 4%                 |                    |                    |
| <b>Saldo inicial</b>                  |                          | \$ 47.095.771,92   |                    |                    |
| <b>Saldo Inicial (valor negativo)</b> | <b>Saldo Año1</b>        | <b>Saldo Año 2</b> | <b>Saldo Año 3</b> | <b>Saldo Año 2</b> |
| - \$ 47.095.771,92                    | - \$ 50.746.584,20       | 46.546.838,30      | 50.305.269,38      | 54.269.523,90      |
| <b>Ingresos</b>                       |                          | <b>Egresos</b>     |                    |                    |
| <b>Año 1</b>                          | \$ 54.127.180,80         | <b>Año 1</b>       | \$ 104.873.765,00  |                    |
| <b>Año 2</b>                          | \$ 113.234.062           | <b>Año 2</b>       | \$ 66.687.224      |                    |
| <b>Año 2</b>                          | \$ 118.442.829,10        | <b>Año 2</b>       | \$ 68.137.559,72   |                    |
| <b>Año 4</b>                          | \$ 123.891.199,23        | <b>Año 4</b>       | \$ 69.621.675,33   |                    |
| <b>Sumatoria Ingresos</b>             | <b>\$ 314.771.733,59</b> |                    |                    |                    |
| <b>Sumatoria costos</b>               | <b>\$ 178.329.735,30</b> |                    |                    |                    |
| <b>Sumatoria costos + inversión</b>   | <b>\$ 225.425.507,22</b> |                    |                    |                    |

*Fuente: Elaboración propia*

Para la opción con motor eléctrico (tabla 5), se tiene un presupuesto inicial de \$47.095.711,92, con una reducción mínima y negativo, lo que para el año 2 cambia a un balance favorable de \$46.546.838,30. Esto debido a que se generan ganancias por \$113.234.062 y egresos por \$66.687.224, recuperando la inversión inicial.

Tabla 6 Análisis económico alternativa 2.

|                                       |                   |                    |                    |                    |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Tasa de interes</b>                |                   | 4%                 |                    |                    |
| <b>Saldo inicial</b>                  |                   | \$ 44.387.823,52   |                    |                    |
| <b>Saldo Inicial (valor negativo)</b> | <b>Saldo Año1</b> | <b>Saldo Año 2</b> | <b>Saldo Año 3</b> | <b>Saldo Año 2</b> |
| -\$ 44.387.823,52                     | -\$ 46.802.283,01 | 45.538.698,49      | 49.203.806,60      | 53.128.670,00      |
| <b>Ingresos</b>                       |                   | <b>Egresos</b>     |                    |                    |
| <b>Año 1</b>                          | \$ 54.127.180,80  | <b>Año 1</b>       | \$ 100.929.463,81  |                    |
| <b>Año 2</b>                          | \$ 113.234.062    | <b>Año 2</b>       | \$ 67.695.364      |                    |
| <b>Año 3</b>                          | \$ 118.442.829    | <b>Año 3</b>       | \$ 69.239.022      |                    |
| <b>Año 3</b>                          | \$ 123.891.199    | <b>Año 3</b>       | \$ 70.762.529      |                    |
| <b>Sumatoria Ingresos</b>             | \$ 314.771.733,59 |                    |                    |                    |
| <b>Sumatoria costos</b>               | \$ 181.372.658,89 |                    |                    |                    |
| <b>Sumatoria costos + inversión</b>   | \$ 225.760.482,42 |                    |                    |                    |

Fuente: Elaboración propia

Para la opción de producción tradicional (tabla 6), se inicia con un presupuesto de \$44.387.823,52. El saldo del primer año tiene una reducción mínima y sigue siendo negativo, el saldo hacia el final del año 2 es favorable por \$ 45.538.698,49 esto debido a que se genera ganancias por \$ 113.234.062 y egresos por \$ 67.695.364, queriendo decir que la inversión se recupera en el año 2 donde se tienen saldos a favor.

#### - Resultado de indicadores

El Valor Actual Neto se define como la diferencia entre los ingresos y egresos (incluida como egreso la inversión) a valores actualizados o la diferencia entre los ingresos netos y la inversión inicial, en otras palabras, es simplemente la suma actualizada al presente de todos los beneficios, costos e inversiones del proyecto. A efectos prácticos, es la suma actualizada de los flujos netos de cada período.

Si la VAN > 0 La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida, el proyecto puede aceptarse; si la VAN < 0 La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida, el proyecto debería rechazarse; y si la VAN = 0 La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas, dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores. [10, p. 236]

El otro criterio es la relación beneficio-costos es un indicador que señala la utilidad que se obtendrá con el costo que representa la inversión; es decir, que, por cada peso invertido, cuánto es lo que se gana.

El resultado de la relación beneficio-costos es un índice que representa el rendimiento obtenido por cada peso invertido. Si la relación B/C es < 1, se rechaza el proyecto. Si la

relación B/C es = 1, la decisión de invertir es indiferente. Si la relación B/C es > 1, se acepta el proyecto. [11]

Finalmente, el otro criterio utilizado para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión y financiamiento es la TIR (tasa interna de retorno) que se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos

Cuando la TIR es mayor a cero, indica que el proyecto está devolviendo el capital invertido más ganancias, mientras cuando es igual a cero significa que se está recuperando la inversión de capital, pero no se está generando beneficios, y por último cuando es menor que 0 se está perdiendo parte del capital invertido, este es un caso de rentabilidad negativo. [12, p. 71]

*Tabla 7, resultado de indicadores alternativa 1*

| <b>VAN</b>       | <b>B/C</b> | <b>TIR</b> |
|------------------|------------|------------|
| \$ 38.599.642,17 | 1,40       | 19%        |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 7, la alternativa 1 simulada a 4 años, se plantea con un motor eléctrico, eliminando así el consumo de combustible. Se calculan los 3 indicadores favorables, con una VAN de \$ 38.599.642,17 cumpliendo con la tasa de interés y además se ha generado una ganancia adicional; el indicador de costo beneficio de 1,40 y la TIR de 19% indican que el proyecto es rentable porque devuelve el capital invertido más un ingreso demás.

*Tabla 8, resultado de indicadores alternativa 2*

| <b>VAN</b>       | <b>B/C</b> | <b>TIR</b> |
|------------------|------------|------------|
| \$ 42.208.968,16 | 1,39       | 21%        |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 8, la alternativa 2 simulada igualmente a 4 años, se produce la panela tradicionalmente con un motor diésel. Se observan todos los indicadores positivos, donde la VAN de \$ 42.208.968,16, apunta a que se ha cumplido con la tasa de interés y además se ha generado una ganancia adicional, el indicador de costo beneficio de 1,39 y la TIR de 21% indican que el proyecto es rentable porque devuelve el capital invertido más un ingreso.

Según los indicadores económicos, el proyecto que presenta una relación mayor en costo-beneficio, tiene una ventaja sobre el otro, en este caso es la alternativa 1 de motor eléctrico supera un poco a la alternativa 2, ya que el primero cuenta con un indicador de 1,40 mientras que el segundo es de 1,39, no es mucha la diferencia entre ambos, en nuestra opinión es de acorde al criterio de sostenibilidad que se busca, la opción más rentable y conveniente a largo plazo es la de utilizar un motor eléctrico. Esto debido a que se reducen los impactos ambientales por el uso de combustibles que emiten CO2 y se busca un sistema que sea amigable con el entorno donde se encuentre

## Conclusiones

- El abastecimiento de la materia prima para la producción de la panela logra identificar la variedad de caña que mejor se adapta a la región en cuanto a productividad, evidenciando que el sistema productivo puede ajustarse mejor a la variedad de caña RD 75-11 por mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades y a una alta concentración de azúcares, puesto que, se acopla a alturas superiores de 1400 m.s.n.m. El hábito de crecimiento de la caña RD 75-11 es semierecto con hojas largas, angostas y puntas dobladas y, además, poseen un color verde amarillento. La caña RD 75-11 se comporta muy bien en suelos que no presentan excesos de humedad y presenta restricción en ambientes que propician la floración. La maduración de la caña es semitardía y estable en el proceso. Para este sistema productivo se requiere de una cantidad de 6,99 toneladas de caña de azúcar por semana, y para el mes, 27,96 toneladas, se espera que su rendimiento aproximado sea de 8% a 10% de la materia prima, es decir, que por mes se estaría produciendo cerca de 2,796 toneladas de panela, teniendo un estimado de 2.796 pares.

- Por otro lado, se llevó a cabo la secuencia de actividades para la producción de la panela, indicando operaciones, puntos claves y materiales utilizados en el procedimiento de la obtención del producto, entendiendo de manera gráfica la distribución de la planta con sus diferentes necesidades en las operaciones que la componen y realizando un balance de masa del proceso con el propósito de determinar la transformación de la caña de azúcar en cada operación. Esto permitió identificar el alcance de la productividad, donde la estimación de la materia prima es de 1500 kg de caña de azúcar concluyendo que el proceso tiene un producto de 151 kg para ser empacados en pares de 1000 gramos.

- Las maquinarias y equipos de cada una de las etapas del proceso son necesarias para una correcta operación del sistema productivo, pues es crucialmente importante la sustentabilidad. Para conseguirlo, se clasifica el trapiche como el valor agregado del primer grupo con un motor eléctrico o de diésel y la selladora ubicada en el proceso de empaque. En el segundo conjunto se encuentran las pailas, mesa y gaveras. Se deben indicar cuáles son los requerimientos para su correcto funcionamiento y conocer qué capacidad posee, como también, cuáles son los precios en el mercado.

- Para tomar una decisión sobre la viabilidad del proyecto se compararon dos alternativas:

- 1) Motor a base de combustibles.
- 2) Motor a base de energía eléctrica

Ambas alternativas son rentables, cumplen positivamente con los indicadores y generan beneficio.

Finalmente, afirmamos que el motor eléctrico se acerca más a lo que se decide proponer en el presente estudio.

## Bibliografía

- [1] D. d. c. Agrícolas, «Cadena Agroindustrial de la panela,» 2019. [En línea]. Available: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2019-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>.
- [2] «aceros panelereos,» [En línea]. Available: <https://acerospaneleros.com/tienda/>.
- [3] A. L. Montiel, las teorías de sistemas en el estudio de la cultura política y Cultura, México: Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco, 2008.
- [4] P. a. P. Gosende, «Evaluacion de la distribucion espacial de plantas industriales,» Septiembre - Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/1551/155147928006.pdf>.
- [5] V. Kambhampati, «Principles of Industrial Engineering,» de *IIE Annual Conferenci Proceedings*, Norcross, 2017.
- [6] N. A. Z. Alzate, «Construccion de un trapiche panelero en Santander de Quilichao-Santander,» Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://corpopaneleros.com/wp-content/uploads/2020/10/CONSTRUCCION-TRAPICHE-PANELERO.pdf>.
- [7] G. O. Cadavid, «BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS [BPA] EN LA PRODUCCION DE PANELA,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/a1525s/a1525s00.htm>.
- [8] U. d. Cadiz, «Guia para la identificacion y analisis de procesos v1,» Septiembre 2007. [En línea]. Available: <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/guia-para-identificacic3b3n-y-anc3a1lisis-de-procesos-universidad-de-cadiz.pdf>.
- [9] E. M. Huamani Mendoza, «Flujo de caja: Inversión, operativo y financiamiento. Caso empresa,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/5157/flUJO%20DE%20CAJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [10] M. C. Padilla, Formulacion y evaluacion de proyectos, ECOE, 2011.  
]
- [11] F. d. e. UNAM, «Evaluacion economica,» [En línea]. Available:  
] <http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap4.pdf>.
- [12] M. R. Mete, «Valor actual neto y tasa de retorno, su utilidad como herramienta para el analisis y evaluacion de proyectos de inversion,» 2014. [En línea]. Available:  
] [http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7\\_a06.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf).
- [13] A. c. universitaria, El diagrama de proceso.  
]
- [14] U. t. ECOTEC, «Informatica aplicada a los negocios, funciones financieras». ]