



Universidad de Nariño

INGEN^{ERÍA}
ELECTRÓNICA



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

IPSE
Instituto de planificación y promoción
de Soluciones Energéticas para las
zonas No Interconectadas

APORTES A LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR PANELERO MEDIANTE GESTION ENERGETICA EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO



pers
Nariño

Plan de Energización Rural Sostenible

APORTES A LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR PANELERO MEDIANTE GESTION ENERGETICA EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

COORDINADOR Y FORMULADOR:

Darío Fernando Fajardo Fajardo

Ing. Electrónico, Magíster en Ingeniería- Automatización Industrial

ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN:

Karla Córdoba

Rigoberto Rosero

Olmer Ruano

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

PERS-Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

UPME

USAID

IPSE

San Juan de Pasto – Nariño

Colombia

2014

CONTENIDO

1.	FICHA DEL PROYECTO	3
2.	RESUMEN	4
3.	DESARROLLO DEL PROBLEMA	6
3.1.	DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	6
3.2.	CAUSAS Y EFECTOS.....	8
3.3.	POBLACIÓN AFECTADA Y OBJETIVO	10
3.4.	SITUACIÓN ACTUAL - ESTADO DEL ARTE.....	11
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	27
4.1.	DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA	27
4.2.	OBJETIVOS	28
4.2.1.	Objetivo General	28
4.2.2.	Objetivos Específicos.....	28
4.3.	PRODUCTOS, ACTIVIDADES Y PERSONAL REQUERIDO	28
4.3.1.	Objetivo 1	28
4.3.2.	Objetivo 2	29
4.3.3.	Objetivo 3	30
4.3.4.	Objetivo 4	30
4.4.	METODOLOGÍA.....	31
4.5.	CUANTIFICACION Y VALORIZACIÓN DE LOS BENEFICIOS	35
4.6.	DISTRIBUCION DE RESPONSABILIDADES	39
4.7.	IMPACTOS ESPERADOS	40
4.8.	CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO.....	44
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	45

1. FICHA DEL PROYECTO

Título del proyecto:	APORTES A LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR PANELERO MEDIANTE GESTION ENERGETICA, EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO	
Entidad formuladora:	Universidad de Nariño	
Entidad beneficiaria:	Municipios productores Sandoná, Consacá, Ancuya y Linares.	
Entidad ejecutora:	Universidad de Nariño	
Otras instituciones participantes:	FEDEPANELA	
Duración del proyecto (meses):	12 meses	
Costo total del proyecto:	\$ 1.358.055.474	
Monto solicitado:	\$ 1.212.430.474	
Monto total de la contrapartida:	163.030.000	
Contrapartida otras entidades	En efectivo:	En Especie:
Universidad de Nariño		145.625.000
FEDEPANELA		17.405.000
Lugar de ejecución del proyecto:	Ciudad: San Juan de Pasto	Departamento: Nariño
Persona responsable del proyecto:	Empresa/Institución:	Cargo:
Darío Fernando Fajardo Fajardo	Universidad de Nariño	Director Departamento de Electrónica

2. RESUMEN

Actualmente el sector energético en Colombia es uno de los más sólidos e importantes, con una infraestructura básica como factor determinante para el desarrollo del país la que limita o posibilita la provisión de servicios de comunicaciones, transporte, energía eléctrica, agua y otros servicios o recursos esenciales para la población. Sin embargo, en las regiones apartadas del centro del país o de los principales centros de producción energética se presenta una fuerte dependencia del suministro de esta energía, donde los costos así como la calidad del servicio no permiten el rápido desarrollo de la agroindustria y el sector agrícola. Por otra parte, no se han explorado las diversas alternativas locales para la generación y uso de la energía, particularmente en regiones con escaso desarrollo industrial como es el Departamento de Nariño.

El procesamiento de la caña de azúcar para la obtención de panela se ha caracterizado por su bajo nivel tecnológico y su estancamiento en procesos artesanales sin un debido uso integral de los subproductos obtenidos, en especial de aquellos que tienen un potencial energético como el bagazo, el calor residual y el vapor en los procesos de concentración y evaporación; por ello es indispensable la optimización y caracterización energética en esta cadena productiva que es una de las más importantes y priorizadas en la región.

Por ello, el realizar actividades como el análisis del contexto actual del proceso, costumbres y modos de producción permitirá determinar también la oferta de recursos energéticos y subproductos en los trapiches, potencializando la producción de energía y su uso racional y eficiente, formulando así un conjunto de soluciones energéticas que complementen el desarrollo de un producto inocuo de buena calidad con el uso de hornillas eficientes y sistemas de cogeneración para generar interconexión entre proceso industrial, el uso y las fuentes de energías.

Teniendo en cuenta lo anterior y con el propósito de contribuir con el desarrollo de la agroindustria y el sector energético en el Departamento de Nariño, el proyecto propone contribuir a la sostenibilidad de la cadena productiva de la panela en la subregión occidente de Nariño, haciendo uso racional y eficiente de energía además del aprovechamiento de los subproductos energéticos en los trapiches de producción de panela como la biomasa residual para la producción de pellets u otro uso, el gas generado a partir de cenizas, los relacionados al aprovechamiento del vapor residual, el sistema de evaporación y deshidratación en vacío en los trapiches paneleros así mismo como el uso del calor residual de las calderas para secado y tostión de café u otro producto local, un sistema de cogeneración entre otros. Esta iniciativa se enmarca dentro de la política de ciencia tecnología e innovación, con la que se pretende caracterizar el uso de energía en los trapiches de producción de panela, así como desarrollar estrategias para la búsqueda de soluciones locales de generación, uso eficiente y abastecimiento local de energía. Así mismo se busca la articulación de actores locales como la Universidad de Nariño, Fedepanela, cultivadores de caña, productores de panela y los entes territoriales donde se evidencie una cooperación mutua para el desarrollo de una política de sostenibilidad para esta subregión.

El desarrollo tanto del sector panelero como también del sector energético de la región, necesita estar ligados a la investigación, la cual genera la información básica que permite determinar los aspectos que potencializan la sostenibilidad de ambas partes y posteriormente se definen parámetros de implementación a escala industrial. Además, el dinamismo de los sectores en los cuales interviene la propuesta hace no solo del Departamento sino de Colombia una alternativa de desarrollo interesante; más aún si se considera el potencial y la importancia del sector panelero del país y en especial del Departamento de Nariño.

La propuesta pretende caracterizar el uso de energía en los trapiches de producción de panela de la subregión occidente de Nariño, determinar la oferta de fuentes de energía en esta cadena productiva y potenciales subproductos, así como para proponer planes y programas de uso racional y eficiente de energía.

Como productos de esta investigación en etapa de perfil, se pretenden obtener: a) los diseños apropiados de una parrilla eficiente para el proceso de transformación de jugo de caña en panela bioinspirados en la eficiencia térmica de la arquitectura bioclimática, b) los diseños en ingeniería de requerimiento del sistema de cogeneración de energía haciendo uso del vapor del proceso, c) la formulación de estrategias y/o programas de uso racional y eficiente de energía, d) los diseños del sistema de tostión y secado de café haciendo uso del calor residual producido en los trapiches e) Los diseños en ingeniería de requerimiento del sistema de evaporación y deshidratación en vacío en los trapiches paneleros, y f) la descripción y análisis de la obtención de los subproductos energéticos para potenciales usos a partir de las cenizas y otros residuos.

3. DESARROLLO DEL PROBLEMA

3.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El sector panelero en Colombia es la segunda agroindustria rural después del café, generadora de 353.366 empleos directos y soporte de desarrollo en diferentes regiones del país (MADR, 2006), ocupando una extensión de 226.000 hectáreas de cultivo en el 2004 (FAO 2004), siendo superior a las dedicadas a la producción de azúcar, donde fueron 202.000 para el mismo año (ASOCAÑA 2013). Entre los 25 países productores de panela en el mundo según la FAO (CORPOICA, 2007) (Food and Agriculture Organization), Colombia es el segundo productor después de la India y el mayor consumidor con un promedio por habitante de 24.7Kg de panela al año por persona-según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural (MADR, 2012). Siendo un producto determinante en la producción de alimentos en el país, tan solo un pequeño segmento de la producción se desarrolla a nivel industrial, donde el restante es elaborado de forma artesanal en los pequeños trapiches en su mayoría contruidos en el siglo pasado, alcanzando volúmenes de producción que no superan los 300Kg de panela por hora (MADR, 2006).

La actividad agrícola del departamento de Nariño se concentra en 4 productos principalmente según el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, (2013): papa (57.33%), plátano (16.32%), caña panelera (10.50%) y coco (6.48%). Nariño es el quinto productor a nivel nacional de caña panelera con una participación correspondiente a 100.855 toneladas para el 2011, equivalentes al 8.26% de la producción nacional. Según el informe realizado sobre producción y precios de la panela (FEDEPANELA, 2012), Nariño aporta el 6% del total de 213.187 toneladas de panela producidas en el país en el semestre A de 2012.

Basados en cada una de las actividades que se deben desarrollar desde el proceso de siembra hasta la transformación de la caña de azúcar en el trapiche, se puede observar que se debe incurrir en costos y en gastos para la realización del producto terminado. Como este producto es 100% natural, no presenta en su composición agentes químicos para la conservación y coloración del mismo, es muy saludable su consumo por su contenido nutricional (FEDEPANELA, 2012) aportando a la seguridad alimentaria del país.

El sector panelero y la gobernación de Nariño formularon en 2008 el Plan Panelero del Departamento de Nariño, donde se identificaron diversos problemas como el sistema de producción de pequeña escala y en condiciones de minifundio o microfundio, donde se presentan las mayores dificultades para afrontar un esfuerzo sistemático de modernización para la competitividad de la cadena productiva. El hecho de que la mayoría de la población de paneleros hagan parte de estas formas de producción, plantea un grave problema de política social y una integración de grandes dimensiones a la búsqueda de soluciones para el agudo problema agrario global que vive el país (Espinal et al., 2009).

El atraso tecnológico en los trapiches y los ineficientes procesos de transformación limitan la productividad y diversificación de productos, ante lo cual se formulan como objetivos modernizar las instalaciones y adoptar procesos tecnológicos para mejorar la eficiencia, incrementar la calidad y diversificar los productos, estableciéndose en una de las metas de este plan, el diseño e implementación de un modelo hornilla de alto rendimiento que permita disminuir la contaminación y mejorar la productividad de la caña (FEDEPANELA, 2008).

De acuerdo al estudio realizado por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR (2012), se considera como principales problemas excluyendo los anteriormente mencionados; la fluctuación de los precios, la ausencia y/o deficiencia en la asistencia técnica al productor en el correcto procesamiento de la caña panelera, lo que puede forjar pérdidas que afectan a la economía del productor, así mismo como la falta de mecanización en las labores del cultivo con los cual no se obtiene productos rentables.

De igual manera tampoco se aprovechan los subproductos de la caña y la molienda por el desconocimiento de la tecnología en el diseño y aprovechamiento de la energía (García et al., 1984; García et al., 1992; García et al., 2002; García et al., 2007), lo cual toma gran importancia ya que con el diseño adecuado de una hornilla, el bagazo de la molienda utilizado como combustible debería ser suficiente para que el agua del jugo de caña se evapore y pueda producirse la panela.

El actual modo de producción de la panela en el departamento de Nariño se caracteriza por ser muy ineficiente en términos energéticos, y en los trapiches tradicionales es necesario utilizar también otros combustibles (madera, guadua, carbón y caucho de llantas), con los problemas que conlleva como los altos índices de contaminación por la liberación de grandes cantidades de micro partículas y bióxido de azufre afectando la calidad higiénica y composicional de los productos, la salud humana y el medio ambiente.

Además, la baja eficiencia energética ocasiona altos costos de producción que a su vez genera sensibilidad en los precios, esto ha representado una fuerte adversidad puesto que la disminución del precio como consecuencia de la sobreoferta ocasionada por la competencia del azúcar derretido trae consigo baja de precios, y en consecuencia hace imposible realizar mejoras en la tecnología para fabricar un producto de mayor calidad y mayor atracción al consumidor (Cadena Agroindustrial de la panela en Colombia, 2012).

Por ello, se pretende que con el desarrollo del Plan Estratégico Departamental en Ciencia, Tecnología e Innovación 2011, se busque convertir la innovación en un vehículo que fortalezca la competitividad, y a la investigación en un mecanismo que permita disminuir las inequidades sociales existentes y reducir los impactos al medio ambiente. Dentro de este plan, en el análisis de la cadena productiva de la panela se estableció como una de sus líneas estratégicas de investigación referentes a la agroindustrialización de la caña, realizar investigaciones sobre el aprovechamiento del vapor y energía calórica perdida en la agroindustria de la panela en Nariño (Cámara de Comercio de Pasto, 2012).

Con base en la anterior información se logra determinar que el problema central es la **BAJA COMPETITIVIDAD Y DEFICIENTE SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR PANELERO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**. A este problema se asocian varias causas y efectos los cuales se describen a continuación.

3.2. CAUSAS Y EFECTOS

- CAUSAS DIRECTAS

1. Desconocimiento de los requerimientos energéticos en la producción de panela; el cual es originado por las siguientes causas indirectas:

- Carencia de estudios que evidencien la demanda energética y potencial de generación de energía.

Sus efectos son:

- Pérdida de oportunidades de desarrollo y de obtención de subproductos
- Bajo desarrollo económico y sostenible.

2. Baja oferta de subproductos en los trapiches paneleros; el cual se genera de las siguientes causas indirectas:

- Inadecuado uso y manejo de la energía en los trapiches productores de panela.
- Carencia de estudios que evidencien la demanda energética y potencial de generación de energía
- Desconocimiento de estrategias de uso racional y eficiente de la energía.

Como efectos sucesivos se consideran:

- Costos de producción elevados.
- Bajo desarrollo social, económico y sostenible.
- Perdida de oportunidad de desarrollo y de obtención de subproductos.

3. Escasas estrategias y programas de uso racional y eficiente de la energía en los trapiches de la región; las causas indirectas que generan este problema son:

- Dependencia del sistema interconectado nacional.
- Deficiente generación de energía local.

Para los cuales sus efectos generados son:

- Afectación de la competitividad del sector panelero.
- Reducción de calidad de vida de la población participante del sector.

4. Ausencia de programas de gestión energética enfocados en el sector panelero; el cual es concebido por la causas indirectas nombradas a continuación:

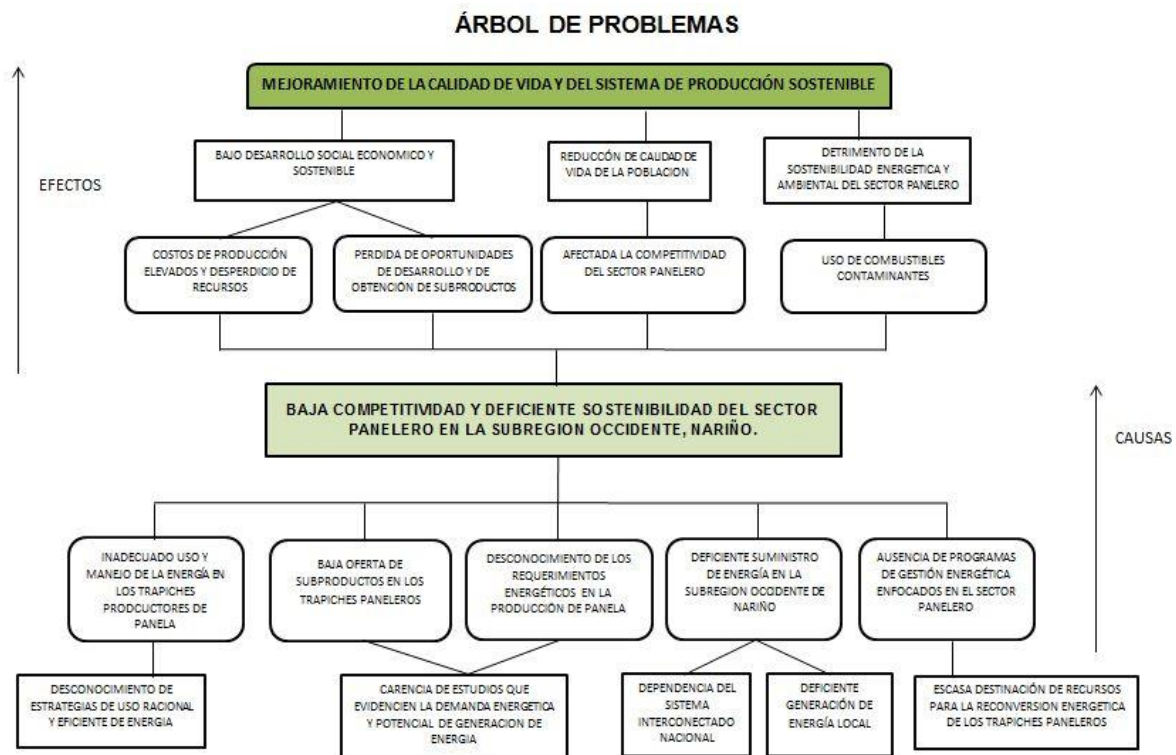
- Escasa detonación de recursos para la reconversión energética de los trapiches paneleros.

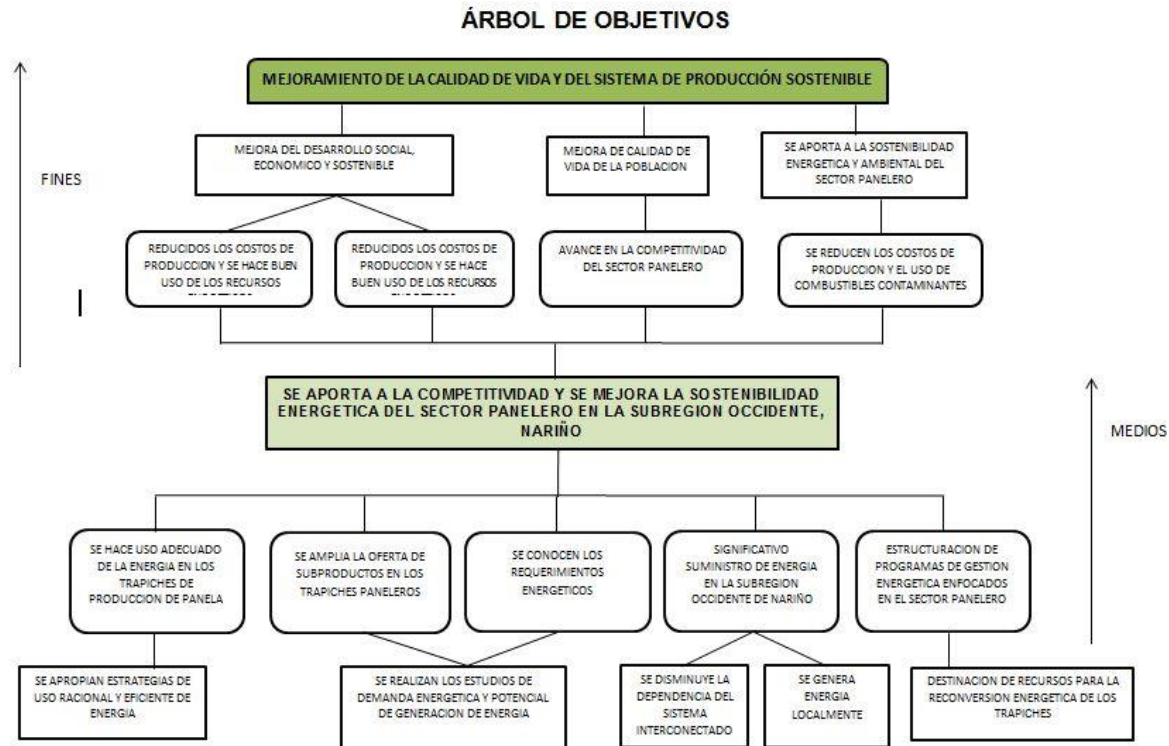
Y sus efectos son:

- Uso de combustibles contaminantes.
- Detrimento de la sostenibilidad energética y ambiental del sector panelero.

Con base en las causas del problema, se propone atacar la baja competitividad y deficiente sostenibilidad para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y del sistema de producción sostenible.

A continuación se presentan los árboles de problemas y objetivos del proyecto que resumen la identificación del problema





3.3. POBLACIÓN AFECTADA Y OBJETIVO

Según las proyecciones de la Subdirección de Salud Pública, la población total del Departamento de Nariño en el año 2013 fue de 1.701.782 habitantes, de los cuales 854.021 (50,2%) son hombres y 847.761 (49,8%) son mujeres. El 51,2% de la población nariñense está ubicada en zonas rurales y el resto, es decir, el 48,8% en el área de las cabeceras municipales. El sector panelero de Nariño se ubica en la subcuenca del Río Guaitara y comprende los municipios de Ancuya, Consacá, Linares, Sandoná, Samaniego, El Tambo, la Florida, El Peñol y en el piedemonte costero los municipios de Mallama y Ricaurte. Además existen otros municipios donde se desarrolla la producción panelera, pero en menores cantidades y por lo tanto son menos representativos para el sector.

Según las proyecciones del DANE a 2013 el total de población ubicada en la zona panelera de Nariño es de 159.612 habitantes, de las cuales en los municipios paneleros que se encuentran en la subregión occidente del departamento (Sandoná, Consacá, Ancuya y Linares), que será la población afectada con 53.024 habitantes. En esta área, según el consolidado agropecuario de Nariño (2010), existen alrededor de 5.977 unidades productoras, las cuales serán la población objetivo del proyecto en la cadena productiva de la panela, en los 130 Trapiches, y las más de 4.703 Hectáreas cultivadas de caña en esta subregión (Ver Figura Distribución Geográfica de Productores – Departamento de Nariño).



ENCUESTA NACIONAL PANELERA, 2004 - 2005 DEPARTAMENTO DE NARIÑO Distribución Geográfica de Productores (Cañas y Trapiches)

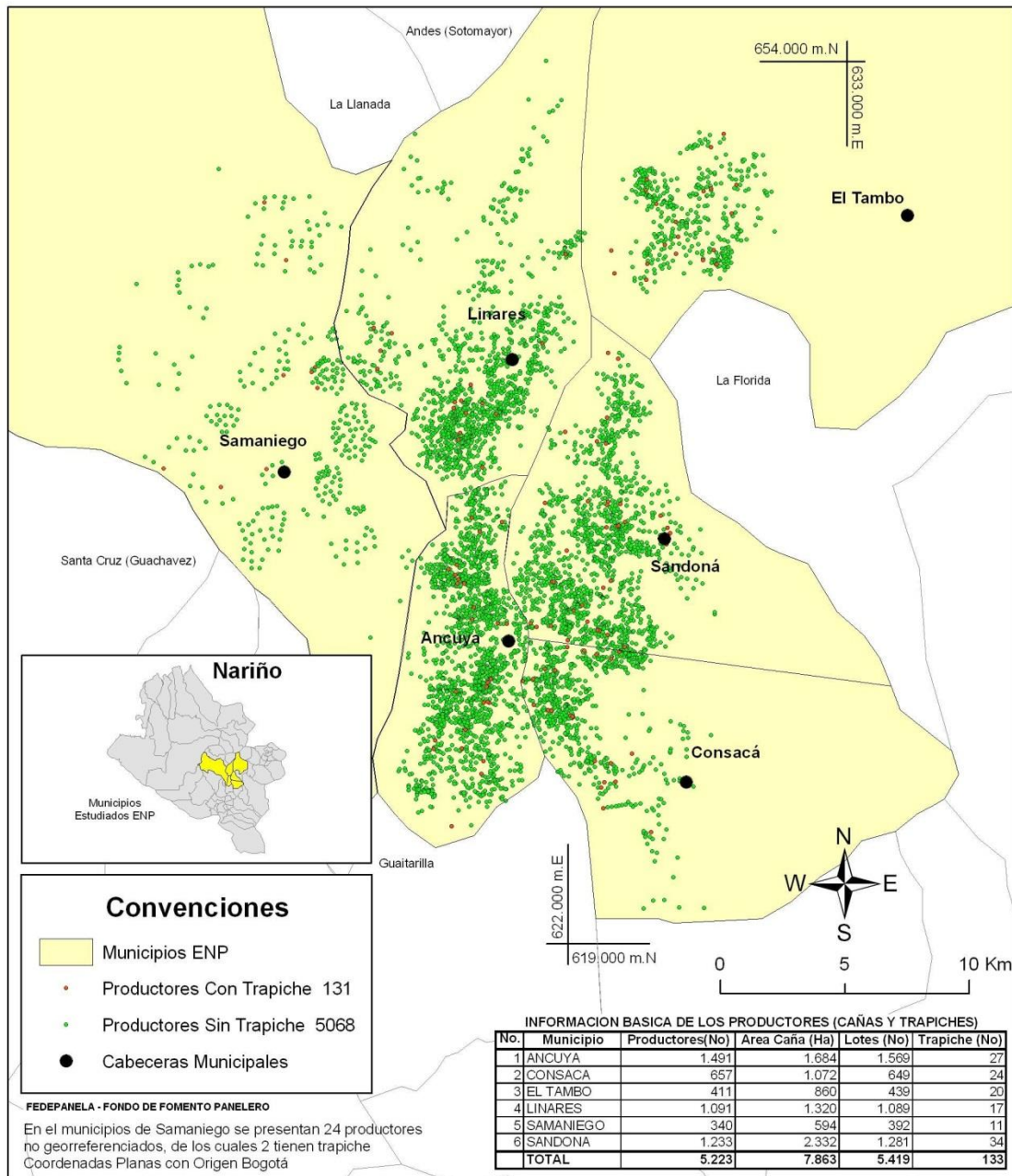


Ilustración 1 Distribución Geográfica de Productores – Departamento de Nariño)

3.4. SITUACIÓN ACTUAL - ESTADO DEL ARTE

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO), la producción de la panela es una de las más tradicionales agroindustrias rurales en América Latina y el Caribe, y la producción mundial de este producto se encuentra alrededor de las 13 millones de toneladas por año (FAO, 2007).

La producción de la panela es una de las más tradicionales agroindustrias rurales en América Latina y el Caribe en la cual Colombia ocupa el segundo puesto a nivel mundial, después de la India y el primer puesto en términos de consumo por habitante ya que en el país se consume en promedio 24.7 Kg de panela por persona al año según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural (MADR, 2012).

En orden de importancia, los países de América Latina, productores de panela, de acuerdo con la FAO (2007) son: Colombia, Brasil, Venezuela, Guatemala, México, Honduras, Perú, Haití, Costa Rica, Nicaragua, Panamá.

La producción en América Latina se caracteriza porque es realizada en pequeñas explotaciones campesinas, en zonas de montaña con escasa mecanización, utilizando principalmente la mano de obra familiar en cerca de aproximadamente 50.000 trapiches que emplean alrededor de un millón de personas.

Según MADR (2005), el sector agropecuario y agroforestal a nivel nacional es considerado de gran importancia social y económica, ya que constituye uno de los pilares sobre los cuales se desarrolla económicamente el país y en el cual se involucra buena parte de su población rural e industrial. En este contexto, la panela y su agroindustria se desarrolla como un subsector dedicado a la generación de productos provenientes de la caña de azúcar, posicionándose, después del café, como el segundo renglón generador de empleo y en quinto lugar de los cultivos del país en términos de área cultivada.

De acuerdo con el documento titulado “Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cadena Productiva de la Panela y su Agroindustria en Colombia”, desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) en 2010, la panela es un alimento cuyo único ingrediente es el jugo de la caña de azúcar. Su nombre hace referencia al acto de panificar el jugo de caña, deshidratándolo y solidificándolo en paneles rectangulares o moldes de diferentes formas.

Por ello y según MADR (2005), La panela consiste en una fuente inmediata de energía puesto que su principal ingrediente es el jugo de la caña de azúcar y por ello entre el 6% y 15% de su peso son azúcares reductores, sustancias que el organismo metaboliza fácilmente, además esta contiene sacarosa, así como también minerales, glucosa, fructosa y diversas grasas, proteínas y vitaminas, por lo que es nutricionalmente más rica que el azúcar.

La panela es catalogada como un edulcorante de bajo costo con importantes aportes de minerales y trazas de vitaminas, esto explica las cifras presentadas por el DANE donde se observa que el consumo de panela presenta una mayor participación en la canasta familiar de la población de ingresos bajos, que si bien se produce en países como India, Brasil, Perú, Ecuador, Filipinas, entre otros, tiene hasta el momento un limitado desarrollo tecnológico y a nivel comercial ha iniciado su posicionamiento en el mercado de los edulcorantes con presentaciones pulverizadas, como el caso del azúcar muscovado, el azúcar demerara y el azúcar integral.

Su producción se caracteriza por ser realizada en pequeñas explotaciones campesinas, en zonas de montaña con escasa mecanización, utilizando principalmente la mano de obra familiar y el 100% de su producción se dedica al consumo interno. Se calcula que existen aproximadamente 50.000 trapiches en América Latina que emplean alrededor de un millón de personas.

La caña panelera es cultivada en 27 departamentos del país concentrándose principalmente en Boyacá, Santander, Valle, Huila y Nariño y es un eje importante de la economía en más de 170 municipios (Corporación Colombia Internacional, 2010).

El modo de producción de la panela hace que la biomasa residual extraída en el proceso de molienda de la caña, permita dar un gran suministro para la producción de energía térmica en los Trapiches Paneleros. Por cada hectárea de cultivo de caña se obtienen 100 toneladas de biomasa, que después de la molienda se reducen al 50% ó 60% de biomasa residual obteniéndose el restante en guarapo o jugo de caña, insumo principal de la panela. La biomasa resultante conocida como bagazo, pasa a ser almacenada con el fin de obtener un combustible seco para su posterior cocción (FEDEPANELA NARIÑO 2013).

En el Censo Panelero 2005 (FEDEPANELA) se establece que el número de hectáreas de caña cultivadas en los municipios es de 2.336 en Sandoná, 1.279 en Linares, 1.069 en Consacá y 1.607 en Ancuya correspondiendo a la subregión Occidente integrada por estos cuatro municipios, la cual representa la región con el mayor aporte en la producción de la panela en el Departamento de Nariño. Así mismo se cuenta con aproximadamente 120 trapiches en la subregión, que hacen la transformación de jugo de caña en panela, siendo una gran fuente de trabajo para cerca de 40 personas por cada una de estas pequeñas industrias de corte artesanal.

De acuerdo a Fedepanela para el año 2010 según la encuesta nacional panelera, existieron 39.961 productores de panela. El 20,3% de estos productores se ubicaron en el departamento de Cundinamarca, el 18,3% en el Cauca y el 13,1% en Nariño, estas cifras se pueden apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Productores por departamento (2010).

Departamento	Productores Encuesta Nacional Panelera	Porcentaje de Participación en el Total de Productores
Cundinamarca	8.094	20.30%
Cauca	7.303	18.30%
Nariño	5.223	13.10%
Caldas	3.052	7.60%
Huila	2.938	7.40%
Antioquia	2.400	6%
Boyacá	2.382	6%
Santander	2.308	5.80%
Tolima	1.905	4.80%
Risaralda	1.667	4.20%
Caquetá	1.296	3.20%
Norte de Santander	1.043	2.60%
Valle del Cauca	342	0.90%
Arauca	8	0.00%
Total	39.961	100%

Fuente: MADR, Fondo de Fomento Panelero, FEDEPANELA e INVIMA

Por ello en Colombia, los actores de la cadena productiva de la panela y su agroindustria se enfrentan a numerosos retos entre los que sobresale la introducción de nuevas tecnologías que permitan el mejoramiento de los tradicionales procesos productivos, el desarrollo de productos innovadores y diferenciados que permitan una mayor competitividad, la consolidación de un tejido social de la cadena que procure la focalización de esfuerzos adelantados en las trece regiones paneleras y evite la atomización de oferta y demanda con condiciones inequitativas entre los diferentes eslabones de la cadena.

En este sentido, la formulación de la agenda prospectiva de investigación y desarrollo surge en un momento apropiado para buscar soluciones a problemáticas tecnológicas y aquellas que tienen una fuerte influencia en la sostenibilidad de la cadena, como el aumento en las áreas cultivadas, en parte como consecuencia de las expectativas generadas con el montaje de plantas de bioetanol, la baja en los precios de la panela en bloque como resultado de la sobreoferta con características de calidad de marcadas diferencias, entre otros aspectos (Rodríguez, 2000; Velásquez *et al.*, 2004).

Desde esta perspectiva, resulta esencial para el sector panelero generar estrategias y planes de acción que le permitan encaminarse primero hacia un aprovechamiento integral, sostenible y

competitivo de su producción, seguido de una consolidación de sus productos tradicionales en el mercado nacional e internacional y a la diversificación de nuevos productos con un mayor valor agregado que generen ingresos superiores a la totalidad de la cadena, por medio de desarrollos tecnológicos; y formular las directrices pertinentes para el corto, mediano y largo plazo necesarias en la ejecución de proyectos de mejoramiento tecnológico y no tecnológico desde la visión misma de los actores en pro del fortalecimiento y generación de ventajas competitivas (Velásquez *et al.*, 2004).

Para mejorar el proceso de elaboración de la panela, el conocimiento de la investigación básica y aplicada a nivel mundial sobre estas temáticas permite que todo esté acorde a lo que se desarrolla actualmente de manera tal que las brechas existentes sean abordadas y reducidas, por tal motivo es necesario tomar como base el análisis de las publicaciones científicas y de las patentes desarrollada en el sector de la panela (MADR, 2010).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto el proceso de elaboración de la panela comprende una serie de operaciones posteriores al corte de la caña que conducen a la producción de la misma. Estas etapas consisten básicamente en extraer los jugos de la caña, clarificarlos y luego concentrarlos desde 18–20 °Brix hasta 93-96 °Brix por evaporación del agua. La temperatura de ebullición de los jugos es de 96-97°C y cuando los sólidos solubles totales alcanzan un valor cercano a los 70°Brix, adquieren el nombre de mieles y a partir de allí se inicia la concentración. El punto de panela se da cuando las mieles en ebullición a 120-125°C alcanzan una concentración de 93-96°Brix, según la presentación final de la panela (García *et al.*, 2007), para ello se tiene en cuenta los diferentes sistemas de obtención del producto final los cuales se mencionan brevemente a continuación:

Proceso Agroindustrial de la panela

El beneficio de la caña panelera refiere al conjunto de procesos posteriores al corte de la caña que conducen a la producción de panela, de acuerdo al siguiente orden: Apronte, molienda, pre limpieza, clarificación y limpieza, evaporación, concentración, punteo, batido, moldeo, empaque y embalaje.

Extracción de jugo: En esta etapa la caña se somete a compresión en los rodillos o mazas del molino, lo cual propicia la salida del contenido líquido de los tallos, para calcular la eficiencia de extracción de un molino se toma el producto de dividir la masa de jugo extraído entre el peso de caña molido, se consideran satisfactorias aquellas relaciones que están entre el 58 al 63 %. En el diagnóstico realizado por Azkain Amanda, Narváez Hugo Fdo. y Silva German, en el año 2000, se establece que las unidades de producción panelera (UPP) del departamento utilizan molinos de diferentes marcas, como Apolo, Amaga, El Panelero, Penagos, accionados por motores de ACPM o eléctricos, siendo actualmente el 90% de las unidades accionadas por motores eléctricos.

En la mayoría de los casos los trapiches utilizados son molinos con tres mazas de hierro, distribuidos triangularmente en forma horizontal. De acuerdo con la información suministrada por el Centro de servicios de Fedepanela Nariño, el porcentaje de extracción que se presenta en la región está en un rango entre 53 y 63%, siendo los municipios de Sandoná y Linares los municipios en donde se obtienen los porcentajes más elevados y los más bajos en los municipios ubicados en el pie de monte costero, como Mallama y Ricaurte.

Limpieza de jugos: Es la operación en la que se retiran todas aquellas impurezas gruesas y de carácter no nutricional que se pueden separar de los jugos por medios físicos como la decantación y la flotación, así como por medios térmicos y bioquímicos que buscan obtener un producto de óptima calidad. Esta etapa consta de las operaciones de pre limpieza, y clarificación.

Pre-limpieza: El jugo crudo y sin clarificar se limpia en frio utilizando un sistema de decantación natural, por efecto de la gravedad desarrollado por el Centro de Investigación de la Agroindustria Panelera denominado prelimpiador. Este dispositivo retiene por precipitación una importante proporción de los sólidos contenidos en el jugo de la caña como son las partículas de tierra, lodo y arena; simultáneamente por flotación el prelimpiador puede separar las partículas livianas como el bagacillo, las hojas, los insectos.

Clarificación: Esta segunda etapa de la limpieza tiene lugar en la paila recibidora, la limpieza de los jugos ocurre por acción del calor y de ciertos agentes aglutinantes de origen natural como balso, guasimo y cadillo. Al macerar cortezas de estos árboles se obtiene un mucilago que contiene polímeros celulósicos con propiedades aglutinantes. Los sólidos en suspensión se agregan entre sí y forman una masa homogénea que se conoce como cachaza, la cual flota sobre el jugo y permite la separación manual. La cantidad de solución mucilaginoso que se debe emplear depende de la concentración de la misma, de la variedad de caña que se esté moliendo, de la calidad de los jugos y de las condiciones climáticas de la zona, pero se estima que obedece a una relación del 2.5% del volumen del jugo que se va a limpiar.

Evaporación, Concentración y Punteo: Las etapas de clarificación, evaporación y concentración se llevan a cabo en la hornilla u horno, donde se suministra el calor necesario para evaporar más del 90% del agua presente en el jugo y así obtener finalmente la panela. La eficiencia térmica de la hornilla, y su efecto sobre los jugos, se cuentan dentro del conjunto de factores que influyen en la calidad de la panela. La evaporación del agua contenida en los jugos por calentamiento a 96 °C permite alcanzar la concentración de sólidos apropiada para la consolidación y moldeo de la panela a 120 °C, estas operaciones se llevan a cabo en pailas o fondos dispuestos en línea. Los jugos se desplazan entre estos recipientes por paleo manual y al finalizar su tránsito, se denominan mieles. Las hornillas de Nariño están conformadas generalmente por nueve pailas de las cuales las pailas evaporadoras corresponden a intercambiadores rectangulares, y las pailas punteadoras por lo general son redondas, con manejo de jugos en flujo en paralelo es decir el movimiento de los jugos van paralelamente a la dirección de los gases de combustión en la hornilla.

Batido y Moldeo: Una vez se obtiene el punto de panela, la miel proveniente de la hornilla se deposita en una batea, donde por acción del batido intensivo e intermitente la panela se enfría, pierde su capacidad de adherencia y adquiere la textura necesaria para el moldeo o tamizado. En el caso de mieles para panela pulverizada, el batido requiere movimientos continuos y de mayor intensidad, por un periodo de tiempo prolongado hasta que se adquiera la textura de grano.

El moldeo es la última operación de proceso para las formas de presentación de panela en bloque, redonda o pastilla. Cuando la miel ha sido batida, se nota la cristalización y presenta una nueva textura, se dispone en moldes o gaveras, distribuyendo las mieles de forma uniforme, haciendo uso de una paleta. Una vez la panela ha adquirido su forma definitiva y la consistencia necesaria para el desmolde después de solidificar, los moldes son retirados y dispuestos en un pozuelo o tanque lavador, con el objeto de lograr el ablandamiento de residuos de panela que han quedado adheridos. Posteriormente los moldes se enjuagan y emplean nuevamente.

Empaque: En la comercialización moderna de miles de productos presentes en el mercado, el empaque adquiere más importancia cada día por las múltiples funciones que cumple. Además de resolver las necesidades de conservación de las propiedades físicas, químicas y de diseño industrial y gráfico, se reconoce la urgencia de encontrar soluciones de empaque en áreas como transporte, almacenamiento y control de calidad.

A manera de resumen, la Figura 1 muestra un resumen esquemático del proceso de producción de panela.

Sistemas de evaporación usados en la agroindustria panelera

La panela se obtiene por deshidratación de los jugos de caña en un proceso de evaporación abierta que se realiza normalmente por calentamiento directo en las hornillas paneleras o por calentamiento indirecto con vapor de una caldera. Los dos procesos son muy parecidos, en ambos la eficiencia térmica es similar. Con la única diferencia que cuando se usa vapor el calor en cada tacho se puede controlar mejor, lo que facilita el proceso de limpieza y concentración. En las hornillas el control del calor es más difícil de hacer, únicamente se consigue con un buen diseño que garantice las condiciones geométricas adecuadas para la transferencia de calor necesaria en cada paila.

Calentamiento directo

La mayoría de plantas de elaboración de panela por calentamiento directo que han adoptado la tecnología para el diseño y construcción de la hornilla alcanza una eficiencia térmica del orden del 55% las cuales garantiza el equilibrio energético de la planta, sin embargo cuando la hornilla se opera en condiciones que no corresponden a las del diseño, se generan problemas de funcionamiento que se reflejan en la falta de bagazo, mala calidad de la panela, baja capacidad.

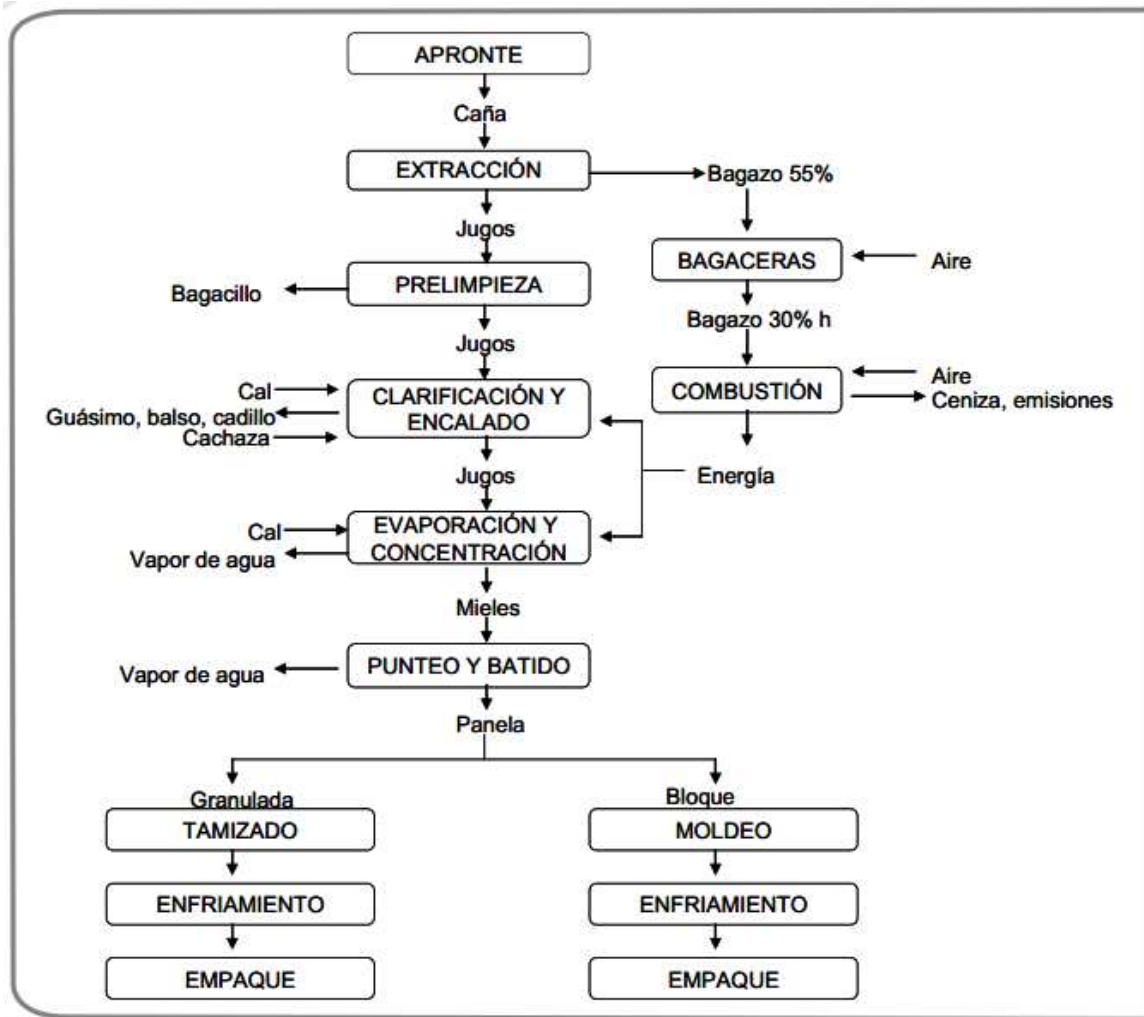


Figura 1. Proceso tecnológico producción de panela; Fuente: García, 2006. Corpoica. Programa procesos agroindustriales.

Sistemas por calentamiento indirecto

Los sistemas por calentamiento indirecto consta de una caldera normalmente pirotubular que usa como combustible el bagazo de la caña, el cual es alimentado manualmente al hogar, en algunos casos con la humedad que sale del molino y en otros después de un secado previo. En la caldera se produce vapor que se usa posteriormente como fuente para el calentamiento del jugo en intercambiadores abiertos al igual que las hornillas.

El vapor es transportado por redes construidas en tubería de acero con sistemas de control manual (válvulas) que permite regular el flujo de vapor en cada intercambiador y de esta forma controlar el calor que se suministra a los jugos durante todo el proceso. Esto facilita en parte la producción de panela que se evita problemas que repercuten en la calidad final del producto.

Evaporación de efecto múltiple

Con los sistemas de evaporación abierta la eficiencia térmica puede alcanzar tan solo el 55%. Para evitar que falte bagazo aun en condiciones de operación inapropiadas en cualquiera de los sistemas de evaporación usados, es necesario implementar sistemas de evaporación cerrada al vacío por calentamiento directo o indirecto, en los que se recupere como mínimo la mitad del calor latente de evaporación de los jugos, con esto se puede llegar a una eficiencia global del orden del 85%, que garantizaría el exceso de bagazo en cualquier condición de operación (Velásquez, 2002; Velásquez et al., 2004)..

La principal causa del desaprovechamiento energético y la baja eficiencia energética en la elaboración de panela se debe a que la evaporación se realiza de manera abierta, desaprovechando el calor latente del vapor que sale de las pailas, el cual es altamente significativo, ya que en el proceso se evaporan aproximadamente 79kg de agua por cada 100kg de jugo. Este vapor de agua transmite a la atmosfera un calor cercano a 179.330kJ/100 kg de jugo (Velásquez, 2002; Velásquez et al., 2004).

La evaporación de efecto múltiple consiste en hacer la evaporación en tachos cerrados colocados en serie de tal forma que la presión se va disminuyendo en forma escalonada para poder usar el vapor del tacho anterior como fuente energética.

Este proceso se puede realizar en varios pasos y el vacío se hace normalmente con bombas de vacíos y condensadores de vapor, los cuales son ampliamente usados en la agroindustria del azúcar. Para pequeños productores de panela la inversión de sistemas de vacío convencionales puede ser elevada, es por ello que se requiere adelantar estudios de caracterización de procesos donde se analice la viabilidad de buscar estrategias alternativas donde se pueda apropiar la tecnología a un menor costo.

Una alternativa interesante es el estudio de generación de prototipos usando sistemas de recirculación con estudios previos de disponibilidad de fuentes hídricas

La universidad de los Andes reporta el diseño de un prototipo donde utiliza este sistema, logró presiones de vacío 5.5 Kpa, logrando evaporar agua a 32 °C, lo cual consideran como un éxito total ya que se puede usar el vapor de agua de las pailas como fuente de energía para calentar el jugo (Gordillo, 2003).

Otro uso del vapor generado se da en procesos de cogeneración con turbinas de vapor en ciclo simple empleando turbinas de contrapresión, de esta forma estos equipos cubren las demandas electromecánicas del ingenio. El vapor de contrapresión sirve para satisfacer los requisitos térmicos del proceso y su condensado se devuelve a la caldera. Normalmente, la energía electromecánica producida es para uso interno únicamente. Las calderas a base de bagazo producen vapor a 300 °C y 21 bar, para las turbinas de contrapresión. A su vez, el vapor de

contrapresión (2,5 bar) se utiliza para satisfacer los requisitos térmicos del proceso, y el condensado se regresa a la caldera. (Oliveira, 2010)

Cogeneración

Normalmente, la energía electromecánica producida es únicamente para uso interno, sin embargo, algunos ingenios emplean vapor con parámetros más altos (de 42 a 67 bar), y generan energía eléctrica que se entrega al sistema de distribución y que produce una renta adicional al proceso productivo. También existe la tendencia en el sector a reemplazar las viejas calderas por unas nuevas con mayor capacidad (por ejemplo 80 a 120 bar). Estos sistemas se basan en contrapresión (bpst) y turbinas de vapor de condensación-extracción (cest), donde aproximadamente del 5 al 7% del bagazo se almacena. (Oliveira, 2010).

Según (Iniyan, 2011) el uso racional de la energía puede ser un medio eficaz para mejorar la viabilidad económica de los grandes industriales hasta los pequeños y medianos productores. Y es en este ámbito en el que la Cogeneración tiene a nivel mundial un papel protagónico, siendo este un proceso con el cual se satisfacen la mayoría de los requerimientos energéticos de la planta por medio de producción de trabajo y calor que son generados por la combustión de bagazo de caña de azúcar; inclusive dentro de todo el proceso existen excedentes de vapor que son aprovechados para la generación de electricidad. Lo anterior hace que el proceso de transformación de la caña de azúcar sea uno de los procesos más limpios con emisiones neutrales de carbono, rentables, en que el modelo de ingresos ya no solo lo representa la venta de los productos finales, sino que se obtienen ingresos por venta de los excedentes de producción (vapor, calor, electricidad) aportando a su sostenibilidad, ya que se aprovecha toda la energía generada que se divide y usa a lo largo de la transformación, evitando así, el uso de otro tipo de requerimientos energéticos externos (Lobo, 2007) como caucho, leña y combustibles fósiles en algunos casos. Todo esto es posible, siempre y cuando se cuente con la tecnología y medios que permitan, pasar de una transformación artesanal como la cualmente usada en Nariño hacia una mayormente tecnificada.

Debido a que el núcleo del proceso de generación de vapor es la caldera, los procesos de preparación de la caña y la entrada del bagazo a la caldera son variables de control fundamentales que inciden en la calidad de los productos y la cantidad de otros requerimientos energéticos se puedan llegar a requerir. Es necesario hablar de eficiencia en la caldera y cuáles serían los nuevos elementos de diseño, construcción y optimización de esta, para el mejor aprovechamiento de los recursos, ya que del vapor generado por medio de la correcta combustión bagazo, dependerá el aprovechamiento de este en varios procesos, sin la necesidad de elementos externos (Madaeni, 2010).

En una planta de producción, la caldera tiene asignados costos de operación y mantenimiento que en gran parte representan la mayor parte de los gastos de funcionamiento. La cogeneración se está convirtiendo en una fuente importante de ingresos para los ingenios azucareros a nivel nacional y mundial, mas sin embargo esta oportunidad no ha sido desarrollada por los productores

de panela. En estos ingenios, la mejora de la eficiencia de la caldera ha significado un aumento en el ingreso procedente de la cogeneración. Por ende, el retorno de la inversión se garantiza por medio de la venta del producto principal a precios más competitivos, la reducción en los costos de producción como es la energía eléctrica, compra de combustibles, sobrecostos de transporte de combustibles en zonas de difícil acceso, así como la continuidad del servicio de electricidad por aprovechamiento de energía autogenerada y el aumento de ingresos por venta de excedentes electricidad (Mann, 2005).

Una oportunidad en el sector panelero es en el largo plazo la cogeneración de energía eléctrica, tomando la experiencia de CENICAÑA, que ha avanzado en el desarrollo de procesos de cogeneración en conjunto con los ingenios azucareros del Cauca y Valle del Cauca, reportando una producción en el año 2012 de 185MW y que alcanzaría en el 2015 una capacidad de cogeneración de 333 MW de los cuales podría vender a la red aproximadamente unos 145 MW al sistema de distribución.

Problemática Energética en la Producción de Panela

Por la demanda y el uso final de la energía eléctrica los Trapiches Paneleros son considerados por los comercializadores de energía como usuarios comerciales, especialmente por la presencia de motores eléctricos de gran consumo, además en algunos de ellos y en condiciones de intermitencia del servicio de energía eléctrica se hace uso de combustibles fósiles en el proceso de molienda de la caña, presentando un alto costo del consumo de energía. Actualmente el promedio de pago mensual por trapiche oscila alrededor de \$1.200.000, cifra elevada para esta agroindustria rural y que a su vez es causante de que se eleven los costos de producción. Así mismo el consumo de potencia reactiva que sobrepasa los niveles admisibles libres de penalización genera un costo adicional, el que se evitaría con la implementación de un banco de condensadores que mejore la eficiencia energética y disminuya el consumo de la potencia reactiva en los motores de los trapiches.

Sin embargo en el mismo proceso se produce energía térmica en grandes proporciones durante aproximadamente 60 horas semanales en forma discontinua, que solo se usan para la transformación del jugo de caña en panela, desperdiciando energía que puede ser usada en otros procesos mejorando la eficiencia del sistema mediante cogeneración.

La energía térmica para alimentar las calderas de los trapiches se obtiene a partir de la combustión de la biomasa residual proveniente del proceso de molienda o extracción de jugo de la caña panelera, que en algunos casos no es suficiente debido a la alta demanda de energía que presentan las calderas ocasionado por su baja eficiencia conllevando riesgos de escasez de combustible y en muchos casos que se detenga el proceso de obtención de panela. A esto se suma el inconveniente uso de otro tipo de combustibles como para alimentar las calderas de los trapiches, donde se hace necesario la quema de leña, carbón y caucho de llantas para satisfacer la demanda de energía térmica en estos trapiches de origen colonial, sin contar con un adecuado

diseño de estas calderas y sin hacer uso de estrategias de uso racional de la energía que permitan hacer este modo de producción económico, social, tecnológico y ambientalmente sostenible. Si bien es incierto esperar una reducción de la demanda, pueden tener consideración algunos casos exitosos en la región, con parrillas modificadas o implementación de las CIMPA de CORPOICA, donde se obtiene un mejor rendimiento y no se hace uso de combustibles adicionales al bagazo de caña obteniendo un remanente de biomasa.

La cogeneración se revela entonces no solamente como la inversión estratégica que permitirá afrontar con garantías el desafío inherente a unos mercados cada día más competitivos, sino también como un sistema idóneo para el uso racional y limpio de la energía, siendo de gran importancia para los empresarios paneleros observen las ventajas que ofrece dicha tecnología. Con la Cogeneración se aprovecha la energía térmica sobrante ocasionando con ello una mejor utilización de los recursos energéticos y en consecuencia mejorando notablemente la eficiencia de los procesos productivos.

Una preocupación frecuente en los productores de panela es la fuerte dependencia del Sistema Interconectado Nacional (SIN) sufriendo apagones repentinos por diversas razones, que no permiten el funcionamiento normal de los trapiches ya que no se cuentan con fuentes locales de energía, dejando como única alternativa el uso de motores de gasolina o ACPM, además del elevado costo mensual que pagan por el servicio de energía eléctrica mensualmente.

La inclusión de cogeneración no sólo aporta producción de energía sino también seguridad de suministro, ofreciendo garantía de potencia gestionable de ser requerido por el operador del sistema. Así, la aportación por parte de la cogeneración de garantía de potencia permite evitar la construcción de plantas fósiles. La electricidad de cogeneración tiene un costo medio inferior en comparación al régimen común. Además la cogeneración ahorra la producción de la electricidad auto consumido, que no debe producir el sistema lo que evita costos de producción y de acceso.

Por otra parte, esta cadena productiva maneja grandes cantidades de biomasa residual usada para combustión, esta energía producida a partir de la biomasa, tiene un nombre representativo que es el de bioenergía. La biomasa es un término muy amplio que se usa para denominar la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Esta bioenergía tiene muchos usos como generación de calor, electricidad o transporte. Para facilitar su uso se transforma en biocombustible sólido, briquetas o astillas, biodiesel o bioetanol o biogás. Particularmente el bagazo como combustible presenta los siguientes resultados en pruebas de energía realizadas en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño con muestras tomadas en el municipio de Sandoná:

Base Húmeda: 210 Kcal/100g (Calorimetría de bomba)

Base Seca: 281 Kcal/100g (Calorimetría de bomba)

Base Seca (Pelets): 407 Kcal/100g (Calorimetría de bomba)

En muchos sentidos, la biomasa puede considerarse como una forma de energía solar almacenada ya que aquellas plantas utilizan esta energía para capturar CO₂ y agua a través de la fotosíntesis. Además, es un combustible no fósil, neutro desde el punto de vista del ciclo del carbono (ciclo natural del carbono entre la tierra y el aire). Las emisiones de CO₂ que se producen, al proceder de un carbono retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico, no alteran el equilibrio de la concentración de carbono atmosférico, y por tanto no incrementan el efecto invernadero. Su uso contribuye a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera siempre que sustituya a un combustible fósil (Haggerty, 2011).

Los beneficios derivados del consumo de la Bioenergía son:

- La Bioenergía es una energía renovable, de futuro, respetuosa con el medio ambiente, ya que respeta el equilibrio natural de la atmósfera y, por tanto, contribuye al cumplimiento del Protocolo de Kyoto.
- Se produce localmente, lo que permite la reacción de empleo en el medio rural y, por tanto, fija población en esas zonas.
- Permite reducir la dependencia respecto a los recursos fósiles, si la región cuenta con la materia prima para producirla.
- La Bioenergía abre nuevos caminos para la Agricultura. Los cultivos energéticos, utilizados en la producción de biocombustibles y biocarburantes (IEA Bioenergy, 2011).
- No es causante del efecto invernadero porque durante su combustión sólo libera la cantidad de CO₂ captada por la planta durante su crecimiento.

En definitiva, la Bioenergía combina los valores de una energía moderna, altamente tecnificada, cómoda, más barata y respetuosa con el medio ambiente, convirtiéndose en una atractiva opción para que sectores como el agropecuario puedan incursionar en la generación de electricidad, produciendo un excedente de energía por encima de sus necesidades a un bajo costo. Se puede mencionar el caso de la agroindustria azucarera, la cual inyecta energía eléctrica al Sistema Nacional Interconectado (SNI). Esta forma de producción de energía eléctrica se convierte en una alternativa más para cubrir la demanda eléctrica, ya que no solo le permitiría al productor suplir en parte o en su totalidad sus necesidades de consumo de energía eléctrica. La generación de energía con biomasa permite alcanzar mejoras en el tratamiento y manejo de los desechos orgánicos en fincas agropecuarias, coadyuvando al cumplimiento de las obligaciones ambientales (IEA Bioenergy, 2011).

El proceso directo de conversión de biomasa en electricidad más conocido es la combustión, y se utiliza en muchas aplicaciones. La ignición de materiales de biomasa requiere temperaturas altas (por lo menos 550°C), por lo que el aspecto más difícil del proceso de combustión es su iniciación.

Una vez se haya encendido se debe tener en consideración un suministro de aire suficiente que garantiza la combustión, un hecho importante es que es un proceso muy difícil de detener sino habido una combustión completa. A pesar de su aparente simplicidad, la combustión es un proceso complejo desde un punto de vista tecnológico ya que relaciona altas tasas de reacción y liberación de calor.

A este punto del proceso, hablamos de cogeneración que es la conversión simultánea de energía térmica en energía eléctrica, este proceso usa de vapor de alta presión generado para provocar el movimiento de turbinas que y así obtener electricidad mediante un motor generador, como también el calor no usado puede ser destinado a procesos adicionales, esto con el fin de hacer un uso eficiente de toda la energía del sistema (Donals, 2007).

Eficiencia Energética, Cogeneración y Energización Rural

Los modelos de eficiencia básicamente buscan la optimización de una caldera, en el que se maximiza el uso del bagazo como fuente de energía, reduciendo costos asociados al combustible bajo restricciones de emisión de carbono que permitan aportar significativamente a la sostenibilidad. Esto permite mejorar aspectos como la recuperación del calor residual y presión del vapor generado, con el fin de obtener un buen insumo para los generadores de electricidad, permitiendo que la planta trabaje bajo criterios mínimos de contaminación (Sartori, 2007 y Barroso, 2003).

Por otra parte los modelos de análisis de energía, analizan el trabajo requerido en el total de la planta y como es utilizado, ubicando los puntos de pérdidas para así generar criterios de mejora. Este análisis brinda respuestas en términos de especificar donde se requiere la posible inversión ya sea en expansión o tecnificación (Pellegrini, 2011).

En cuanto al consumo de energía eléctrica en los trapiches paneleros, se pudo evidenciar que se hace un fuerte consumo de energía reactiva en comparación con la energía activa usada para la operación de los motores eléctricos, lo que ocasiona una baja eficiencia energética, un costo elevado del pago mensual de servicio de energía eléctrica y penalización por sobrepasar los niveles de la razón energía reactiva - sobre energía activa permitida.

En la siguiente gráfica se puede apreciar el registro del consumo de potencia aparente, potencia reactiva y potencia activa en un motor de 50HP, tomadas durante un periodo de tiempo cercano a tres horas, con periodo de muestreo de un minuto con el analizador de redes eléctricas HIOKI 3197.

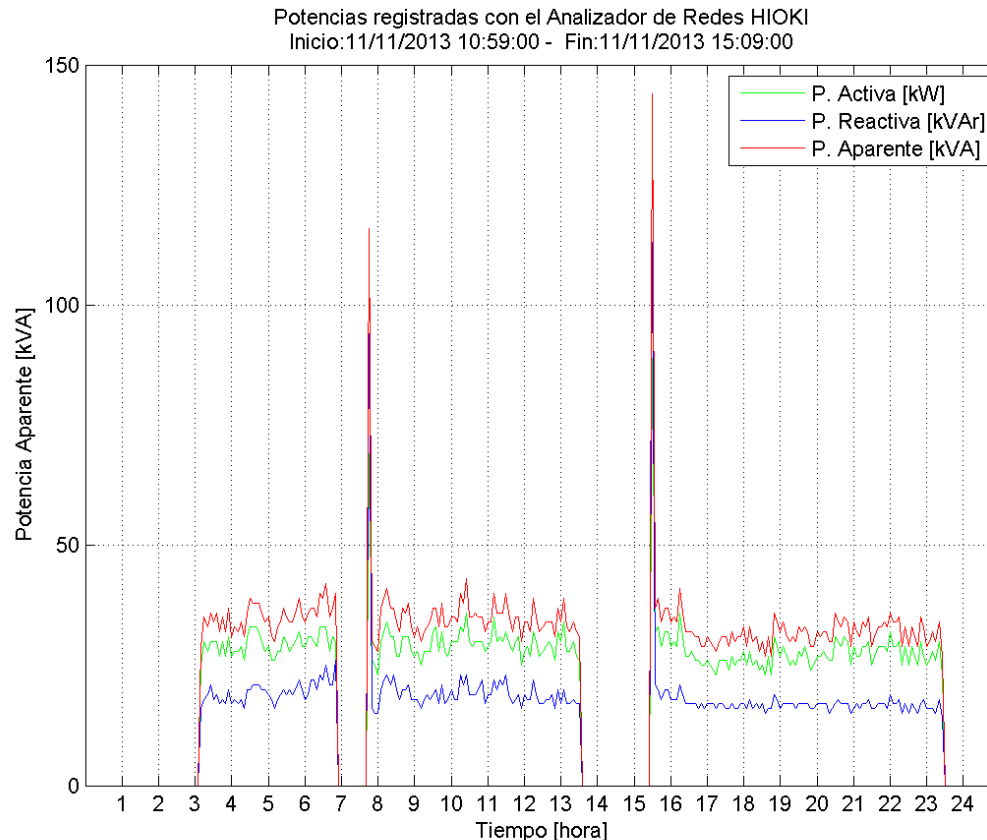


Figura 2. Gráfica de analizador de calidad de la potencia instalado en un trapiche

Se puede observar en las mediciones realizadas, que se presenta una fuerte presencia de energía reactiva en el consumo de los motores usados en la molienda de caña, situación que eleva el costo de producción del producto final. Se aprecia además que los motores como carga, pueden ser considerados como de alto consumo respecto a la posible energía cogenerada en estos pequeños trapiches, sin embargo pueden inyectarse a la red o esta energía podría ser destinada a otro uso local. Aunque actualmente esta agroindustria planea la creación de centrales de mieles que concentren grandes cantidades de biomasa que centralicen la producción de panela en la región, y en consecuencia la aglomeración de biomasa en un sitio permitirá que el proceso de cogenración tome relevancia como fuente local que soporte grandes cargas.

En cuanto a la eficiencia de las parrillas de los trapiches en Nariño, como punto de referencia del proyecto se cuenta con las investigaciones realizadas por el Centro de Investigación de la Panela CIMPA, quienes han desarrollado un modelo de parrilla eficiente de energía en el año 2006 la cual no ha sido adoptada por los productores de panela en Nariño y tan solo se reportan 3 casos particulares de implementación.

En el orden nacional, la Unidad de Planeación Minero Energética UPME ha propuesto al departamento de Nariño como uno de los pioneros en el desarrollo de una metodología replicable

para la energización sostenible de zonas rurales. El objetivo de este proyecto es estructurar un plan que permita dar lineamientos de política energética e identificar, formular y estructurar proyectos integrales sostenibles en el corto, mediano y largo plazo. La primera fase del proyecto se realizaría en conjunto con la Universidad de Nariño, el Departamento de Electrónica, las entidades gubernamentales, las empresas locales prestadoras de servicios de energía y el apoyo de agencias internacionales como TETRATECH Colombia. Esta iniciativa se encamina principalmente a la estructuración de proyectos en general con la recolección de las problemáticas energéticas de las zonas rurales. Por esta razón, se pretende diseñar una solución energética que aporte a la sostenibilidad económica, ambiental y social en la cadena productiva de la panela del occidente de Nariño, que involucre a los propietarios de los trapiches como beneficiarios y actores principales en su sostenibilidad, el operador de red local de energía como actor oponente y al mismo tiempo beneficiario del proyecto, comercializadores de energía como cooperantes, los mayores cooperantes como lo son los entes territoriales, centros e instituciones de ciencia y tecnología

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA

La propuesta pretende caracterizar el uso de energía en los trapiches de producción de panela de la subregión occidente de Nariño, determinar la oferta de fuentes de energía en esta cadena productiva y potenciales subproductos, así como para proponer planes y programas de uso racional y eficiente de energía. Como productos de esta investigación en etapa de perfil, se pretenden obtener:

a) los diseños apropiados de una parrilla eficiente para el proceso de transformación de jugo de caña en panela bioinspirados en la eficiencia térmica de la arquitectura bioclimática, b) los diseños en ingeniería de requerimiento del sistema de cogeneración de energía haciendo uso del vapor del proceso, c) la formulación de estrategias y/o programas de uso racional y eficiente de energía, d) los diseños del sistema de tostión y secado de café haciendo uso del calor residual producido en los trapiches) Los diseños en ingeniería de requerimiento del sistema de evaporación y deshidratación en vacío en los trapiches paneleros, f) la descripción y análisis de la obtención de los subproductos energéticos para potenciales usos a partir de las cenizas y otros residuos.

El proyecto en general se describe en tres etapas, siendo esta de perfil la primera propuesta y dando continuidad hasta la factibilidad para un total de tres años de la siguiente manera:

Fase I, Perfil (duración 1 año)

Es la fase presentada en esta propuesta, donde se caracteriza el consumo de energía en los trapiches de producción de panela, la búsqueda de soluciones locales de fuentes de energía, en especial relacionadas a la cogeneración, estrategias de uso racional y eficiente de energía, el aprovechamiento de calor residual en secado y tostión de café así como el análisis de potenciales usos de cenizas en la producción de biogás y otros subproductos energéticos en la subregión occidente de Nariño. Con los resultados obtenidos se realizan tres diseños de soluciones energéticas en ingeniería de requerimiento, dos diseños a nivel de detalle de la parrilla eficiente bioinspirada y el sistema de secado y tostión de café, y se pretende obtener la formulación de estrategias y/o programas de uso racional y eficiente de energía en la cadena productiva.

Fase II, Prefactibilidad (duración 1 año)

En esta etapa futura se realizan los estudios a nivel de prefactibilidad de los diseños de una red inteligente de energía articulando los trapiches de la subregión y otras fuentes locales como la pequeña central hidroeléctrica Río Ingenio. Estos estudios deben incluir las propuestas técnicas, legales, ambientales, financieras, de riesgo y de mercado para la sustentación de la sostenibilidad de las propuestas realizadas en la Fase I, así mismo se realizará el seguimiento a las soluciones propuestas en la primera fase. Además se realizarán los diseños a nivel de factibilidad del prototipo del sistema de cogeneración, el sistema de evaporación y deshidratación en vacío en los trapiches paneleros.

Fase III, Factibilidad (duración 1 año)

Se presenta el programa de sostenibilidad energética de la subregión occidente de Nariño, la estructuración de los sistemas de cogeneración y obtención de subproductos energéticos y el diseño de una red inteligente de energía.

Para el desarrollo del proyecto se propone aplicar un enfoque interdisciplinario por medio de la inclusión de diferentes grupos de investigación de la Universidad de Nariño y la presencia institucional de la Federación Nacional de Productores de Panela FEDEPANELA.

4.2. OBJETIVOS

4.2.1. Objetivo General

Contribuir a sostenibilidad de la cadena productiva de la panela en la subregión occidente de Nariño, haciendo uso racional y eficiente de energía y el aprovechamiento de los subproductos energéticos en los trapiches de producción de panela.

4.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar la información disponible en fuentes secundarias, y recopilar la información primaria para caracterizar el consumo de energía por uso y fuente en los trapiches paneleros de los municipios de Sandoná, Consacá, Ancuya y Linares.
- Analizar la oferta de recursos energéticos en los trapiches paneleros determinando el consumo básico y caracterizar el potencial de producción de energía.
- Formular estrategias de uso racional y eficiente de energía en los trapiches paneleros
- Estructurar un proyecto a nivel de ingeniería de requerimiento para implementar soluciones energéticas en conjunto con hornillas eficientes energéticamente, los sistemas de cogeneración y su interconexión al sistema de distribución estableciendo un modelo de esquema empresarial auto-gestionable.

4.3. PRODUCTOS, ACTIVIDADES Y PERSONAL REQUERIDO

4.3.1. Objetivo 1

Analizar la información disponible en fuentes secundarias, y recopilar la información primaria para caracterizar el consumo de energía por uso y fuente en los trapiches paneleros de los municipios de Sandoná, Consacá, Ancuya y Linares.

- Producto: Informe de recopilación de información disponible sobre el sector panelero y reporte de la metodología de socialización del proyecto, actas y conclusiones.

Actividad 1.1: Obtención de información secundaria disponible y socialización del alcance del proyecto y participación de la comunidad en las diferentes poblaciones de la subregión occidente.

Personal Requerido: Ingenieros, Economista, Profesional en ciencias Sociales, Auxiliares de Investigación

- Producto: Documento con el diseño muestral y desarrollo de modelos de encuestas

Actividad 1.2: Identificación de una muestra representativa y diseño de los instrumentos de recolección de información primaria.

Personal Requerido: Ingeniero Químico, Mecánico, Electrónico y Electricista, Estadístico, Economista, Auxiliares de Investigación

- Producto: Software con acceso a base de datos y aplicativo de georeferenciación que incluye registro de imágenes y video; y Base de datos de encuestas, mediciones, informe de hábitos y costumbres de uso de energía, requerimientos y fuentes usadas.

Actividad 1.3: Diseño de un sistema de información georeferenciado de los requerimientos energéticos y fuentes de energía del sector panelero, aplicación de encuestas y realización de mediciones de consumo de energía térmica y eléctrica del sistema de generación (si existe) y distribución de energía eléctrica en los trapiches.

Personal Requerido: Ingeniero de Sistemas, Electricistas, Electrónicos, Mecánico y Químico, Geógrafo, Físico y Auxiliares de Investigación

4.3.2. Objetivo 2

Analizar la oferta de recursos energéticos en los trapiches paneleros determinando el consumo básico y caracterizar el potencial de producción de energía.

- Producto: Reporte de evaluación de cantidades de producción de biomasa, vapor y otros subproductos y un documento descriptivo del uso de energía térmica y eléctrica en los trapiches paneleros.

Actividad 2.1: Identificar la oferta de energía en la cadena productiva de la panela y caracterizar el consumo final de energía en los trapiches de caña panelera

Personal Requerido: Ingeniero de Sistemas, Electricistas, Electrónicos, Mecánico, Agroindustrial y Químico, Auxiliares de Investigación

- Producto: Documento donde se describe en detalle la metodología para la identificación de los potenciales de producción de energía.

Actividad 2.2: Analizar los potenciales de producción de energía de la biomasa residual, cachaza, melote y cenizas.

Personal Requerido: Ingenieros Electricistas, Electrónicos, Mecánico y Químico, Experto en Procesos Energéticos, Auxiliares de Investigación

4.3.3. Objetivo 3

Formular estrategias de uso racional y eficiente de energía en los trapiches paneleros

- Producto: Guía documental sobre el uso racional y eficiente de energía e informe de capacitaciones describiendo su metodología, resultados y proyecciones. Las estrategias serán resultado de analizar, medir y evaluar el uso de la energía en el proceso tanto térmico como eléctrico de la cadena productiva. En la Guía Documental se establecerán las diferentes estrategias que podrían apuntarse a uso del bagazo (preprocesamiento), diseño de un nuevo modelo de parrila eficiente (consumo de aire y combustible), aprovechamiento de vapor, reducción en el consumo de potencia reactiva entre otros y las demás que se puedan obtener como conclusiones en la ejecución del proyecto

Actividad 3.1: Establecer estrategias y planes de uso racional y eficiente de energía en el sector panelero de la subregión occidente de Nariño y capacitación a la población en el manejo y uso adecuado de energía en los procesos productivos.

Personal Requerido: Ingenieros Ambientales, Electricistas, Electrónicos, Mecánico y Químico, Biólogo, Asesor en Eficiencia Energética, Auxiliares de Investigación

- Producto: Documento descriptivo de los subproductos identificando cantidades de producción y potenciales energéticos.

Actividad 3.2: Analizar la capacidad de producción de subproductos energéticos que generen valor agregado al modelo de producción de la parrila en la subregión occidente.

Personal Requerido: Ingenieros Químicos, Agroindustriales, Electricistas, Electrónicos y Mecánico, Biólogo, Asesor Procesos Energéticos, Asesor en Eficiencia Energética, Auxiliares de Investigación

4.3.4. Objetivo 4

Estructurar un proyecto a nivel de ingeniería de requerimiento para implementar soluciones energéticas en conjunto con hornillas eficientes energéticamente, los sistemas de cogeneración y su interconexión al sistema de distribución estableciendo un modelo de esquema empresarial autogestionable.

- Producto: Diseños en detalle de obra civil, eléctrica, electrónico, análisis termodinámico de una hornilla eficiente bioinspirada y el sistema de secado y tostión de café, haciendo la descripción de costos unitarios y presupuestos.

Actividad 4.1: Realizar los diseños civiles, de termodinámica, electrónicos, eléctricos del sistema prototipo de hornilla eficiente de energía y el sistema de secado y tostión de café.

Personal Requerido: Ingenieros Civiles, Electricistas, Electrónicos, Mecánico y Químico, Físico, Biólogo, Economista, Auxiliares de Investigación, Técnicos.

- **Producto:** Documento descriptivo a nivel de ingeniería de requerimiento de los sistemas alternativos de cogeneración, aprovechamiento de vapor y otros subproductos energéticos en los trapiches de la subregión occidente de Nariño y el análisis de una microred inteligente de energía a partir de la integración de generadores locales.

Actividad 4.2: Analizar los sistemas de cogeneración, el aprovechamiento de vapor, calor residual y otros subproductos energéticos de la caña panelera, estructurando un proyecto en etapa de prefactibilidad.

Personal Requerido: Ingenieros, Electricistas, Electrónicos, Agroindustrial, Mecánico y Químico, Físico, Biólogo, Asesor en Procesos Energéticos, Economista, Auxiliares de Investigación

- **Producto:** Metodología que detalla el modelo empresarial para comercialización de energía, los esquemas de sostenibilidad y su interacción con usuarios de energía local.

Actividad 4.3: Establecer un modelo empresarial para comercialización de subproductos energéticos tomando como usuarios el alumbrado público, instituciones oficiales, comunales y de productores de panela

Personal Requerido: Ingenieros Agroindustriales, Electricistas, Electrónicos, Mecánico y Químico, Economista, Administrador, Auxiliares de Investigación

4.4. METODOLOGÍA

La propuesta pretende caracterizar el uso de energía en los trapiches de producción de panela de la subregión occidente de Nariño, determinar la oferta de fuentes de energía en esta cadena productiva y potenciales subproductos, así como para proponer planes y programas de uso racional y eficiente de energía. Como productos de esta investigación en etapa de perfil, se pretenden obtener:

- a) Los diseños apropiados de una parrilla eficiente para el proceso de transformación de jugo de caña en panela bioinspirados en la eficiencia térmica de la arquitectura bioclimática,
- b) Los diseños en ingeniería de requerimiento del sistema de cogeneración de energía haciendo uso del vapor del proceso,
- c) La formulación de estrategias y/o programas de uso racional y eficiente de energía,
- d) Los diseños del sistema de tostión y secado de café haciendo uso del calor residual producido en los trapiches,
- e) Los diseños en ingeniería de requerimiento del sistema de evaporación y deshidratación en vacío en los trapiches paneleros,

f) La descripción y análisis de la obtención de los subproductos energéticos para potenciales usos a partir de las cenizas y otros residuos.

El proyecto en general se describe en tres etapas, siendo esta de perfil la primera propuesta y dando continuidad hasta la factibilidad para un total de tres años de la siguiente manera:

Fase I, Perfil (Duración 1 año)

Es la fase presentada en esta propuesta, se caracterizará el consumo de energía en los trapiches de producción de panela, se realizará la búsqueda de soluciones locales de fuentes de energía, en especial relacionadas a la cogeneración, estrategias de uso racional y eficiente de energía, el aprovechamiento de calor residual en secado y tostión de café así como el análisis de potenciales usos de cenizas en la producción de biogás y otros subproductos energéticos en la subregión occidente de Nariño. Con los resultados obtenidos se realizan tres diseños de soluciones energéticas en ingeniería de requerimiento, dos diseños a nivel de detalle de la parrilla eficiente bioinspirada y el sistema de secado y tostión de café, y se pretende obtener la formulación de estrategias y/o programas de uso racional y eficiente de energía en la cadena productiva.

Fase II, Prefactibilidad (duración 1 año)

En esta etapa futura se realizan los estudios a nivel de prefactibilidad de los diseños de una red inteligente de energía articulando los trapiches de la subregión y otras fuentes locales como la pequeña central hidroeléctrica Río Ingenio. Estos estudios deben incluir las propuestas técnicas, legales, ambientales, financieras, de riesgo y de mercado para la sustentación de la sostenibilidad de las propuestas realizadas en la Fase I, así mismo se realizará el seguimiento a las soluciones propuestas en la primera fase. Además se realizarán los diseños a nivel de factibilidad del prototipo del sistema de cogeneración, el sistema de evaporación y deshidratación en vacío en los trapiches paneleros.

Fase III, Factibilidad (duración 1 año)

Se presenta el programa de sostenibilidad energética de la subregión occidente de Nariño, la estructuración de los sistemas de cogeneración y obtención de subproductos energéticos y el diseño de una red inteligente de energía.

Para el desarrollo del proyecto se propone aplicar un enfoque interdisciplinario por medio de la inclusión de diferentes grupos de investigación de la Universidad de Nariño y la presencia institucional de la Federación Nacional de Productores de Panela FEDEPANELA.

Por otra parte, la UPME ha propuesto al departamento de Nariño como uno de los pioneros en el desarrollo de una metodología replicable para la energización sostenible de zonas rurales. El objetivo de este proyecto es estructurar un plan que permita dar lineamientos de política energética e identificar, formular y estructurar proyectos integrales sostenibles en el corto, mediano y largo plazo. La primera fase del proyecto se realiza en conjunto con la Universidad de Nariño, Departamento de Electrónica y el apoyo de agencias internacionales como USAID. Esta

iniciativa estudia principalmente la problemática energética de las zonas rurales, para luego proponer una solución energética que aporte a la sostenibilidad económica, ambiental y social en la cadena productiva de la panela en la subregión occidente de Nariño.

El primer objetivo a desarrollar es: “Analizar la información disponible en fuentes secundarias, y recopilar la información primaria para caracterizar el consumo de energía por uso y fuente en los trapiches paneleros de los municipios de Sandoná, Consacá, Ancuya y Linares”, donde se requiere obtener información disponible acudiendo a los entes territoriales, las UMATA de cada municipio, asociaciones de productores, la sede de FEDEPANELA ubicada en el municipio de Sandoná y otras instituciones o dependencias locales. Se realizará una visita al Centro Experimental CIMPA de CORPOICA en el departamento de Santander para analizar el estado del arte y avances presentados en la parrilla eficiente desarrollada en el año 2006 por este centro. Igualmente, se gestionará por medio de CENICAÑA y FEDEPANELA la visita a los Ingenios Azucareros de Cauca y Valle del Cauca donde se ha implementado el proceso de Cogeneración. Posteriormente, se realizará la visita para la socialización del alcance del proyecto, dando a conocer la problemática a trabajar y requiriendo la vinculación de la comunidad en las diferentes poblaciones de la subregión occidente, para finalmente elaborar un informe de recopilación de información disponible sobre el sector panelero y un reporte de la metodología de socialización del proyecto, la recolección de actas y conclusiones obtenidas en este proceso.

Paso siguiente se procede escoger una muestra representativa entre los 130 trapiches y el diseño de los instrumentos de recolección de información primaria mediante encuestas y visitas de campo, los cuales deben evidenciar los hábitos, costumbres de uso final de la energía, medición de cantidades de producción, consumos de energía eléctrica y térmica para posteriormente se registrados en una solución informática que sirva como base de consulta a los investigadores e incluya la georeferenciación de los trapiches de la subregión. El uso de dispositivos móviles permitirá recolectar información fotográfica, de video, de voz y diligenciamiento de encuestas de manera ágil.

El segundo objetivo apunta a: “Analizar la oferta de recursos energéticos en los trapiches paneleros determinando el consumo básico y caracterizar el potencial de producción de energía”. Para esto se realizará las visitas de expertos en calor, termodinámica y control de procesos así como la interacción con los trabajadores y productores, se tomarán muestras de biomasa y subproductos encontrados, para realizar la identificación y primera evaluación de los requerimientos y oportunidades de energización encontradas en los trapiches, las fuentes potenciales de energía y la caracterización del uso final de la energía con el fin de construir un reporte de evaluación de cantidades de producción de biomasa, vapor y otros subproductos y un documento descriptivo del uso de energía térmica y eléctrica en los trapiches paneleros.

Luego, se procede mediante pruebas de laboratorio a analizar las propiedades físico-químicas, entre otras pruebas, de las muestras recolectadas en la etapa anterior con el objeto de analizar los potenciales de producción de energía de la biomasa residual, cachaza, melote y cenizas

El objetivo 3 a ser alcanzado es, “Formular estrategias de uso racional y eficiente de energía en los trapiches paneleros”, para esto después del análisis de los hábitos, costumbres y uso final de la energía, se procede a evaluar las alternativas tecnológicas que racionalicen en el uso de la energía, disminuyan la producción de gases efecto invernadero, describiendo además el mejor aprovechamiento de vapor y calor residual para preparar finalmente, una Guía Documental sobre el uso racional y eficiente de energía donde se evidencien las estrategias de uso racional y eficiente de energía. Luego se realizarán las capacitaciones con la cooperación de FEDEPANELA de los propietarios y trabajadores de los trapiches en la subregión occidente.

Por otra parte, se procederá a analizar la capacidad de producción de subproductos energéticos que generen valor agregado al modelo de producción de la panela. Para esto se realizará una revisión del estado del arte de los modelos eficientes de energía encontrados en desarrollos de la arquitectura bioclimática, la cual hace uso de regulación de temperatura de un espacio inspirado en los sistemas de calefacción y refrigeración de las colonias de termitas, para luego proponer una solución bioinspirada de una parrilla eficiente de energía y que conjugue los beneficios de la parrilla eficiente diseñada por CIMPA en el 2006, este análisis se realizará haciendo uso de herramientas computacionales como MATLAB u otros paquetes de simulación de sistemas dinámicos. Complementariamente se implementará un sistema de instrumentación electrónico portable en un trapiche, en el cual se puedan registrar la temperatura en diferentes puntos, el flujo de calor y la medición de gases como insumo para las simulaciones y diseños de ingeniería. Otro de los subproductos de interés es el análisis y diseños a nivel de prefactibilidad del sistema de cogeneración de energía haciendo uso del vapor del proceso, analizando la posibilidad de la transferencia tecnológica desde los ingenios azucareros en el país y otros casos exitosos en Latinoamérica. El subproducto que quizá presta mayor interés es el desarrollo de los diseños del sistema de tostión y secado de café haciendo uso del calor residual producido en los trapiches, en el cual se procederá a analizar el aprovechamiento del calor en la chimenea ó el lugar de mayor temperatura en el trapiche, para luego impulsar este calor de manera semejante a los silos de secado de café o el modo usado en los tostadores usados en la región. Igualmente se simulará el sistema de evaporación y deshidratación en vacío para determinar el ahorro en el consumo energético y los beneficios de higiene en el modo de producción. Por último se realizará la descripción y análisis de la obtención de los subproductos energéticos para potenciales usos a partir de las cenizas y otros residuos, enfocándonos en la producción de biogás de manera semejante a la realizada con cenizas de arroz y otras experiencias encontradas.

El objetivo 4 plantea: “Estructurar un proyecto a nivel de ingeniería de requerimiento para implementar soluciones energéticas en conjunto con hornillas eficientes energéticamente, los sistemas de cogeneración y su interconexión al sistema de distribución estableciendo un modelo de esquema empresarial autogestionable”. La continuidad del proyecto se basará en disminuir la incertidumbre de la alternativa tecnológica propuesta para lo cual se evaluará la alternativa seleccionada en los análisis anteriores para proceder a realizar los diseños de ingeniería de sistema prototipo de hornilla eficiente de energía y el sistema de secado y tostión de café. De

manera semejante, se procederá a realizar a nivel de ingeniería de requerimiento los diseños de los sistemas de cogeneración, el aprovechamiento de vapor, calor residual y otros subproductos energéticos de la caña panelera, que conlleven a estructurar un proyecto en etapa de prefactibilidad que se presentará ante el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación u otro fondo que impulse esta iniciativa.

Luego se estudiará la sostenibilidad del proyecto, realizando un análisis sobre los beneficios aportados, la venta o comercialización de servicios energéticos en el sector rural y el establecimiento de un modelo empresarial articulando a los productores de panela.

4.5. CUANTIFICACION Y VALORIZACIÓN DE LOS BENEFICIOS

La valoración y cuantificación de los beneficios del proyecto se calculan de acuerdo al documento “Manual de Valoración y Cuantificación de Beneficios del Departamento Nacional de Planeación (2006)”, siendo los beneficios del proyecto derivados de las causas y efectos directos e indirectos en la identificación del problema.

De acuerdo con el problema planteado, los beneficios del proyecto son:

1. Beneficios por generación de un mayor número de mano de obra calificada.
2. Beneficios por generación de empleo con la implementación de un programa.
3. Beneficio por aumento en la eficiencia en la búsqueda y procesamiento de la información.
4. Beneficio por elaboración de Guía Documental sobre Uso Racional y Eficiente de Energía en los Trapiches
5. Beneficio por capacitación sobre el uso Racional y Eficiente de Energía en los trapiches Paneleros
6. Beneficio por reducción de consumo de energía eléctrica en los trapiches paneleros:

El resumen de la valoración de los beneficios del proyecto se presenta en la siguiente tabla y luego se describe la valoración de cada beneficio:

RESUMEN VALORACION DE BENEFICIOS	
ITEM	VALOR
Beneficios por generación de un mayor número de mano de obra calificada	\$ 391.928.340,00
Beneficios por generación de empleo con la implementación de un programa	\$ 476.738.550,00
Beneficio por aumento en la eficiencia en la búsqueda y procesamiento de la información	\$ 53.094.423,27
Beneficio por elaboración de Guía Documental sobre Uso Racional y Eficiente de Energía en los Trapiches	\$ 143.448.000,00

Beneficio por capacitación sobre el uso Racional y Eficiente de Energía en los trapiches Paneleros	\$ 78.000.000,00
Beneficio por reducción de consumo de energía eléctrica en los trapiches paneleros	\$ 650.000.000,00
TOTAL	\$ 2.192.009.313,27

1. Beneficios por generación de mano de obra calificada: se calcula con el ingreso promedio anual que devengaría un egresado más competente en el momento de ingresar al mercado laboral. Para esto, se tiene en cuenta el número de estudiantes de pregrado y maestría de último año que se tiene presupuestado en el proyecto, y que gracias a su ejecución, culminarían sus estudios.

El detalle de esta valoración se presenta en la siguiente tabla, donde el beneficio total se calcula como el número de estudiantes multiplicado por su salario promedio anual¹.

GENERACION MANO DE OBRA CALIFICADA				
AÑO 1				
Formación	Número de Personas	Salario mensual ¹	Salario promedio	Beneficios
Pregrado	15	\$ 1.724.471	\$ 20.693.652	\$ 310.404.780
Maestría	2	\$ 3.396.815	\$ 40.761.780	\$ 81.523.560
TOTAL				\$ 391.928.340

2. Beneficios por generación de empleo con la implementación del proyecto: se contratará mano de obra calificada a nivel de expertos, estudiantes de pregrado y maestría. El beneficio se valora con el salario anual que se cotiza en el presupuesto de este proyecto en el año 2012, con base en la cantidad de salarios mínimos estipulados para cada una de las categorías.

El detalle de esta valoración se presenta en la siguiente tabla, donde el beneficio total se calcula como el número de personas contratadas multiplicado por su salario y dedicación mensual.

GENERACION DE EMPLEO CON LA EJECUCION DEL PROYECTO		
AÑO 1		
Formación	Número de Personas	Beneficios
Técnico	6	\$ 7.860.000,00
Pregrado	8	\$ 104.488.875,00

¹<http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/article-195067.html>,
<http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/article-195068.html>,

Observatorio Laboral del Ministerio de Educación Nacional.

Especialista	13	\$ 101.246.625,00
Maestría	10	\$ 88.415.250,00
Doctor	5	\$ 70.740.000,00
Estudiante de Pregrado	15	\$ 72.154.800,00
Estudiante de Maestría	2	\$ 31.833.000,00
TOTAL		\$ 476.738.550,00

3. Beneficio por aumento en la eficiencia en la búsqueda y procesamiento de la información:

Como productos de esta investigación en etapa de perfil, se pretenden obtener tres diseños de soluciones energéticas a nivel de ingeniería de requerimiento (prefactibilidad) y avanzar en dos diseños de prototipo de investigación en etapa de factibilidad.

Prefactibilidad

- c) los diseños en ingeniería de requerimiento del sistema de cogeneración de energía haciendo uso del vapor del proceso
- d) Los diseños en ingeniería de requerimiento del sistema de evaporación y deshidratación en vacío en los trapiches paneleros.
- e) La descripción y análisis de la obtención de los subproductos energéticos para potenciales usos a partir de las cenizas y otros residuos.

Factibilidad

- a) los diseños apropiados de una parrilla eficiente para el proceso de transformación de jugo de caña en panela bioinspirados en la eficiencia térmica de la arquitectura bioclimática.
- b) los diseños del sistema de tostión y secado de café haciendo uso del calor residual producido en los trapiches

Como información transversal a los anteriores se contará con la formulación de estrategias y/o programas de uso racional y eficiente de energía.

Con base en estos resultados, se formularán de proyectos que impliquen etapas de prefactibilidad y factibilidad que afiancen investigaciones posteriores en el plan de Energización Rural Sostenible para Nariño y otras iniciativas de investigadores e instituciones.

El beneficio de un estudio de prefactibilidad se valora en un 4% del valor del proyecto a implementarse y los estudios de factibilidad técnica su beneficio se valora en un 7% del costo total del proyecto a implementarse.

AUMENTO EFICIENCIA BUSQUEDA Y PROCESAMIENTO INFORMACION			
AÑO 1			
Descripción	Número	Valor Perfil	Beneficios

Estudio de Prefactibilidad solución energética	3	\$ 54.322.218,96	\$ 162.966.656,89
Estudio de factibilidad solución energética	2	\$ 95.063.883,19	\$ 190.127.766,38
TOTAL			\$ 353.094.423,27

4. Beneficio por elaboración de Guía documental sobre el uso racional y eficiente de energía en los trapiches paneleros: Como producto de esta investigación, se elaborará una Guía Documental sobre el uso racional y eficiente de energía, que apliquen los propietarios y trabajadores de los trapiches.

Calculada como el producto del valor unitario del documento valorado en \$4000 por el número de personas de la población afectada.

ELABORACION GUIA DOCUMENTAL SOBRE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGIA AÑO 1			
Descripción	Número	Valor Unitario	Beneficios
Guía Documental sobre el Uso Racional y Eficiente de Energía	35862	\$ 4.500	\$ 143.448.000,00
TOTAL			\$ 143.448.000,00

5. Beneficio por Capacitación sobre el uso Racional y Eficiente de Energía en los trapiches Paneleros: La comunidad en general y en especial los propietarios y trabajadores de trapiches se beneficiarán con la capacitación sobre el uso Racional y Eficiente de Energía en los Trapiches Paneleros.

Este beneficio se calcula tomando como valor unitario de la capacitación (\$800.000), esperando que en el 75% de los trapiches (total 130 en el departamento) al menos una persona reciba la capacitación.

CAPACITACIÓN SOBRE EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA EN LOS TRAPICHES PANELEROS AÑO 1			
Descripción	Número	Valor Unitario	Beneficios
Capacitación sobre el uso Racional y Eficiente de Energía en los trapiches Paneleros	97	\$800.000	\$ 78.000.000,00
TOTAL			\$ 78.000.000,00

6. Beneficio por reducción de consumo de energía eléctrica en los trapiches paneleros: los propietarios de los trapiches se reducirán el costo por el pago del servicio de energía eléctrica con la implementación de un banco de condensadores como medida de eficiencia energética.

La reducción del costo a pagar se calcula tomando el 20% de ahorro de un promedio mensual para un trapiche de \$1.200.000.000 (\$240.000 ahorro mensual), sobre 130 trapiches en Nariño y por al menos los dos años siguientes.

REDUCCION CONSUMO DE ENERGIA AÑO 1 Y 2			
Descripción	Número	Valor Unitario	Beneficios
Beneficio por reducción de consumo de energía eléctrica en los trapiches paneleros	130	\$ 2.880.000	\$ 748.800.000,00
TOTAL			\$ 748.800.000,00

4.6. DISTRIBUCION DE RESPONSABILIDADES

En el proyecto “APORTES A LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR PANELERO MEDIANTE GESTION ENERGETICA, EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO”, se cuenta con la participación de grupos o entidades que cumplen con diferentes labores como las que se mencionan a continuación: grupo ejecutor, cooperantes, beneficiarios. La distribución de responsabilidades para cada participante en el desarrollo del proyecto, están descritas a continuación:

Universidad de Nariño: será la encargada de la administración financiera del proyecto, mediante el direccionamiento de los recursos asignados por el fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías (SGR). Además tendrá la representación directa del departamento de electrónica junto con la colaboración de profesionales expertos en las diferentes áreas que en conjunto formularon e presente proyecto.

Departamento de Electrónica: es el grupo formulador del proyecto encargado de su ejecución, y para ello se le asignaran la actividades como se mencionan posteriormente: Diseño de un sistema de información georeferenciado de los requerimientos energéticos y fuentes de energía del sector panelero, aplicación de encuestas y realización de mediciones de consumo de energía térmica y eléctrica del sistema de generación (si existe) y distribución de energía eléctrica en los trapiches. Analizar los potenciales de producción de energía de la biomasa residual, cachaza, melote y cenizas. Analizar la capacidad de producción de subproductos energéticos que generen valor agregado al modelo de producción de la panela en la subregión occidente. Realizar los diseños civiles, de termodinámica, electrónicos, eléctricos del sistema prototipo de hornilla eficiente de

energía y el sistema de secado y tostión de café. Analizar los sistemas de cogeneración, el aprovechamiento de vapor, calor residual y otros subproductos energéticos de la caña panelera. Las anteriores actividades se cumplirán en un tiempo determinado (ver anexo cronograma).

Plan de Energización Rural Sostenible (PERS): los integrantes de esta entidad, cumplirán con el desarrollo de las siguientes actividades, ya que tiene experiencia previa con temas relacionados: Obtención de información secundaria disponible y socialización del alcance del proyecto y participación de la comunidad en las diferentes poblaciones de la subregión occidente. Identificación de una muestra representativa y diseño de los instrumentos de recolección de información primaria. Identificar la oferta de energía en la cadena productiva de la panela y caracterizar el consumo final de energía en los trapiches de caña panelera. Establecer estrategias y planes de uso racional y eficiente de energía en el sector panelero de la subregión occidente de Nariño y capacitación a la población en el manejo y uso adecuado de energía en los procesos productivos. Establecer un modelo empresarial para comercialización de subproductos energéticos tomando como usuarios el alumbrado público, instituciones oficiales, comunales y de productores de panela.

Fedepanela: esta entidad pública tendrá la responsabilidad de cooperar con el suministro de diferente información y documentos, necesarios para el desarrollo de las actividades planteadas anteriormente. Además será el encargado de relacionar directamente a los demás grupos ejecutores del proyecto con la comunidad beneficiaria, en pro del fortalecimiento de las capacidades de conocimiento y buen funcionamiento de los trapiches y del aprovechamiento de los subproductos obtenidos en la cadena productiva de la panela del Departamento de Nariño.

Comunidad de la subregión occidente de Nariño, relacionada con la cadena productiva de la panela: son las entidades beneficiadas directamente del proyecto, ya que con su colaboración e incorporación se llevarán a cabo el desarrollo de las actividades propuestas. Además se tendrán en cuenta, ya que gracias a ellos y la disponibilidad de muchos de sus recursos e instrumentos como los trapiches, se logrará la adquisición de diversa información primaria, importante para la ejecución y culminación exitosa del proyecto.

4.7. IMPACTOS ESPERADOS

El proyecto pretende impactar a la población afectada mediante soluciones energéticas en la cadena productiva de la panela principalmente, transfiere tecnología y propone innovaciones en el uso de la energía, esperando la adopción de las estrategias de uso racional y eficiente de energía en los 104 trapiches de la subregión occidente, la apropiación del conocimiento de los habitantes de la zona panelera de Nariño y el fortalecimiento de las capacidades científicas de investigadores regionales.

Socialmente, en especial los habitantes de las zonas rurales, contarán con el desarrollo de un nuevo servicio en los trapiches, que se logra al contar con el secado o tostión de café u otros

productos locales. Igualmente se aumentará la aceptación de la industria panelera en las comunidades afectadas por la contaminación producida.

Los impactos tecnológicos apuntan a la disminución de consumo de leña, caucho, llantas y otros combustibles fósiles mediante la adopción de estrategias de uso racional y eficiente de energía con la búsqueda de un modelo de parrilla eficiente de energía alternativo. Igualmente la adopción de mecanismos de desarrollo limpio en el modo de producción, que permitirán el aprovechamiento del vapor y calor residual en subproductos energéticos

Los impactos económicos se podrán observar con la disminución de los costos energéticos en la producción de la parrilla, al aplicar el uso racional y eficiente de la energía. Se busca la generación de ingresos provenientes de los subproductos energéticos y el incremento de la calidad de la parrilla al aportar alternativas de sistemas cerrados de deshidratación en el proceso de producción.

El aporte ambiental radica en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, al disminuir el consumo de combustibles como caucho y llanta adicionales; y la disminución de la tala de bosques al reducir o eliminar el uso de leña para la producción de parrilla.

Impactos científicos y tecnológicos del proyecto en las entidades participantes		
IMPACTO	INDICADORES	CANTIDAD MINIMA ESPERADA
Formación de recursos humanos en investigación, nuevas tecnologías en temas relacionados a energización renovable y proceso productivo de la parrilla	- Número de magister apoyados por el proyecto al grupo base de investigación. - Número de actualizaciones y capacitaciones técnicas apoyadas por el proyecto al grupo base de la investigación.	- Número de personas beneficiadas con capacitaciones con temáticas acordes al proyecto. - Numero personas con actualizaciones realizadas.
Registro y documentación técnica del Know –How		- Dos informes de recopilación sobre el estado actual del sector panelero y capacitaciones describiendo su metodología, resultados y proyecciones. - Dos reportes, uno en metodología de socialización de proyecto y el otro en

	Número de documentos de recopilación de información, metodologías de socialización, actas, conclusiones y otros relacionadas con información adicional técnica sobre la ejecución del proyecto enfocado en la energía en la cadena productiva de a panela.	evaluación de cantidades de producción de biomasa vapor y otros subproductos. Cinco documentos; primero con descripción de metodología para identificación de los potenciales de producción de energía; segundo descripción del uso de energía térmica y eléctrica en los trapiches paneleros; tercero en la identificación de cantidades de producción y potenciales energéticos; cuatro documento de requerimientos de los sistemas alternativos de cogeneración; y cinco metodología detallando el modelo empresarial para comercializar energía, esquema de sostenibilidad e interacción con usuarios de energía local.
Desarrollo de capacidades de diseño en la entidad o grupo	Número de documentos con el diseño muestral y desarrollo de modelos de encuestas para su posterior aplicación en trapiches paneleros.	- Un documento son el diseño muestral y desarrollo de modelos de encuestas. - Un software con acceso a base de datos y aplicativo de georeferenciación - Un diseño en detalle de obra civil, eléctrica, electrónico, análisis termodinámico de una hornilla eficiente
Consolidación de capacidades para realizar actividades de I&D en la entidad: Dotación de equipos de I&D, dotación de laboratorios de I&D de calidad y plantas piloto, redes de información y	Número de equipos hardware y software adquiridos con recursos del proyecto.	8 computadores, 2 impresoras multifuncionales, 4 tabletas digitales, 2 proyectores, 2 GPS, 3 Datalogger y varias licencias académicas de software.

colaboración
científico-
tecnológico;

Impactos sobre la productividad y competitividad de la entidad beneficiaria o el sector relacionado		
IMPACTO	INDICADORES	CANTIDAD MINIMA ESPERADA
Acceso a nuevos mercados nacionales o internacionales	Introducción a mercados de energía eléctrica a nivel regional, nacional.	Porcentaje de alternativas para la producción y distribución de energía eléctrica para la subregión occidente de Nariño.
Mejoramiento de la productividad y la calidad	Disminución de los costos de producción por menos consumo de energía en el procesamiento de la panela.	- Porcentaje de energía eléctrica y térmica economizada. - Incremento de calidad por optimización de proceso.
Regiones y comunidades beneficiadas por el proyecto	- Numero de comunidad directamente relacionada con el mejoramiento de los procesos eficientes de aprovechamiento de energía en la producción de panela. - Actores de cadenas relacionadas con cogeneración de energía eléctrica y la producción de panela.	- Número de personas que adoptan la investigación en la cadena productiva de la cadena. - Porcentaje de disminución en los costos de producción. 3 capacitaciones y actualización al sector panelero participante del proyecto.
Desarrollo tecnológico de proveedores, entre otros	Numero de trapiches y comunidades beneficiadas.	130 trapiches productoras de panela.
Empleo generado	Número de personas beneficiadas con contratos para el desarrollo del proyecto propuesto	57 personas beneficiados con contratos para desarrollar el proyecto. - Mano de obra calificada generada con especializaciones
Impactos sobre el medio ambiente y la sociedad		
IMPACTO	INDICADORES	CANTIDAD MINIMA ESPERADA
Reducción del consumo de energía	Disminución en el consumo de energía eléctrica, e implementación de nuevas	Porcentaje de disminución en el consumo de energía.

	fuentes de generación eléctrica en los trapiches	• Porcentaje de disminución de uso de combustibles fósiles.
Aprovechamiento sostenible de nuevos recursos naturales	• Incremento en el auto sustento energético de los trapiches, mediante la utilización eficiente de los subproductos generados, útiles para la generación de energía.	• Número de personas que hacen uso integral de los subproductos con potencial energético en la cadena de producción de panela.
Beneficios de los grupos de interés relacionados con el proyecto (proveedores, clientes, accionistas, comunidad, estado, empleados etc.); entre otros.	• Desarrollo de competencias productivas en el sector panelero y energético de la región.	• 130 trapiches de la subregión occidente del departamento de Nariño.

4.8. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

En los archivos anexos se presentan los cronogramas y presupuestos detallados adecuados a los requerimientos del sistema general de regalías 2014.

5. BIBLIOGRAFÍA

Cadena productiva de la panela en Colombia: diagnóstico de libre competencia (2010-2012), Estudio elaborado por la Delegatura de Protección de la Competencia

Castellanos O., (2009). Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cadena Productiva de Fique en Colombia. Giro Editores Ltda. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Universidad, Nacional de Colombia. Bogotá- Colombia. ISBN 978-958-8536-01-9

Castellanos O., Torres M., y Flórez H. (2010). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia. Bogotá. Recuperado de: http://www.minagricultura.gov.co/archivos/cadena_productiva_panela.pdf

Castro, A., Lima V., Filho A., Ramos H., Ramos A., Nunes C., (2002). Competitividad de la cadena productiva da soja na Amazonia legal. Programa de Ações Estratégicas para la Amazonia Brasileira, Belém.

CORPOICA – FAO, (2007), Buenas prácticas agrícolas -BPA- y Buenas prácticas de manufactura –BPM en la producción de caña y panela.

CORPOICA, FFEDEPANELA., (2000), Manual de caña de azúcar para la producción de panela.

Corporación Colombia Internacional. Algunos Aspectos de la Producción de Panela. (2010.) Recuperado de: <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/algunos-aspectos-de-la-produccion-de-panela.pdf>

DANE (2012). Número índices y ponderaciones por clases de gasto nacional. Total ingresos/2009-2012 (noviembre). Recuperado de: http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=251&Itemid=76

DonalsL., (2007), Biomass for renewable energy fuels and chemicals, Academic Press, San Diego.

Espinal G., Martínez C., Ortíz L., Acevedo X. (2009). LA CADENA AGROINDUSTRIAL DE LA PANELA EN COLOMBIA UNA MIRADA GLOBAL DE SU ESTRUCTURA Y DINAMICA (1991-2005), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia, <http://www.agrocadenas.gov.co>, agrocadenas@iica.int , Bogotá

(FAO 2004). Producción de panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina. Documento de trabajo Servicio de Gestión, Comercialización y Finanzas Agrícolas (AGSF). Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, 2004. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/AGSF_WD6s.pdf

FAO (2007). Producción de panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina. Roma. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/AGSF_WD6s.pdf

FEDEPANELA (2001). Bases para un acuerdo de desarrollo de la Cadena agroindustrial de la panela.

FEDEPANELA (2012). Producción y precios de la panela federación nacional de productores de panela Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Corporación Colombia Internacional, sistema de información de la oferta agropecuaria de Colombia, Bogotá D.C.

Federación Nacional de Productores de Panela (FEDEPANELA) - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Corporación Colombia Internacional, Sistema de Información de la Oferta Agropecuaria de Colombia, (2012), Informe Preliminar Resultados 2012 semestre A, Producción y Precios de la Panela.

García B., Albarracín C., Toscano L., Santana M., Insuasty B., (2007), Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera. CORPOICA – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá Colombia.

García B., *et al.*, (1984), Evaluación de la producción de panela en cuatro regiones de Colombia. ICA. Bogotá.

García B., *et al.*, (1992), Investigación socio económica de la producción, distribución y consumo de la panela en Colombia. CIMPA. Barbosa.

García B., *et al.*, (2002), Evaluación de impacto ambiental generado sobre el componente atmosférico por hornillas paneleras. CORPOICA. Bogotá.

Gobernación de Nariño – FEDEPANELA, (2008), Plan Panelero de Nariño , Tierra Dulce con Aroma de Café y Sabor de Campo.

Gordillo G., (2003), Fundamentos Térmicos y nuevos sistemas de deshidratación de jugos en la agroindustria panelera.

Haggerty N., (2011), Biomass crops: production, energy and the environment, Science Publishers, Inc. New York.

Informe Oficina de Estudios Socioeconómicos, (2013), Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

La cadena agroindustrial de la panela en Colombia, (2006), Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio de Agrocadenas Colombia.

LA CADENA AGROINDUSTRIAL DE LA PANELA EN COLOMBIA. (2012).
http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112163343_caracterizacion_pa

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2005). La cadena agroindustrial de la panela en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica: 1991-2005. Documento de Trabajo No. 57. Bogotá. Recuperado de: <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cadena-agroindustrial-de-la-panela-en-colombia.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012). Corporación Colombia internacional producción de panela en trapiche y precio pagado al productor, informe anual

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR. (2012). Los TLC le abren las puertas al sector panelero colombiano. Recuperado de: <http://www.minagricultura.gov.co/inicio/noticias.aspx?Idnoticia=1680nela.pdf>,

Oliveira S., (2010), Plantas de cogeneración con caña de azúcar. Escuela politécnica Universidad de Sao Paulo. Departamento de Ingeniería Mecánica.

Plan Estratégico Departamental en Ciencia, Tecnología e Innovación, (2012), Cámara de Comercio de Pasto.

QuaakP.Knoef H., Stassen H., (1999), Energyfrom Biomass AReviewof Combustion and Gasification Technology,TheWorld Bank, Washington D.C.

Rodríguez, B. (2000) La panela en Colombia frente al nuevo milenio. En CorpoicaFedepanela, Manual de Caña de Azúcar.

Sector Panelero Colombiano, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2006

Velásquez H., (2002), Evaluación energética de los procesos productivos de la panela en Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

Velásquez H., Chejne J. y Agudelo, S., (2004), Diagnostico energético de los procesos productivos de la panela en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Vol. 57, No. 2. Medellín, Colombia.

Velásquez H., Janna F. y Agudelo A., (2006), Diagnóstico Energético de los procesos productivos de panela en Colombia, Revista energética de la Universidad Nacional de Colombia.

Velásquez, H. I., J. F. Chejne y S. A. F. Agudelo, (2004). Diagnóstico energético de los procesos productivos de la panela en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Vol. 57, No. 2. Medellín, Colombia.

WorldEnergy Outlook, 2011, IEA Bioenergy (International Energy Agency)

Raj N. T., Iniyan S., Goic R. (2011), "A review of renewable energy based cogeneration technologies," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 15, no. 8, pp. 3640–3648.

Lobo P. C., Jaguaribe E. F., Rodrigues J., da Rocha F. A. A. (2007), "Economics of alternative sugar cane milling options," Applied Thermal Engineering, vol. 27, no. 8, pp. 1405–1413.

Madaeni S., Zereski S. (2010), "Energy consumption for sugar manufacturing. Part I: Evaporation versus reverse osmosis," ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, vol. 51, no. 6, pp. 1270–1276.

Mann A. P., Dixon T. F., Plaza F., Joyce J. A. (2005). Opportunities for Improving the Performance and Reducing the Costs of Bagasse-Fired Boilers. In Hogarth, D.M. (Ed.) International Society of Sugar Cane Technologists Proceedings of the XXV Congress, Guatemala, Guatemala City

Sartori M. M. P., Florentino H. de O. (2007), "Energy balance optimization of sugarcane crop residual biomass," Energy, vol. 32, no. 9, pp. 1745–1748.

Barroso J., Barreras F., Amaveda H., Lozano A. (2003), "On the optimization of boiler efficiency using bagasse as fuel," Fuel, vol. 82, no. 12, pp. 1451–1463, Aug. 2003.

Pellegrini L. F., de Oliveira Junior S. (2011), "Combined production of sugar, ethanol and electricity: Thermoeconomic and environmental analysis and optimization," Energy, vol. 36, no. 6, pp. 3704–3715.

Londoño Capurro Luis Fernando. (2013) "Aspectos Generales del Sector Azucarero Colombiano 2012 – 2013", ASOCAÑA, mayo 15 de 2013.

(FEDEPANELA NARIÑO 2013) Entrevista realizada en FEDPANELA Nariño, Ing. Luis Manuel Fajardo. 2013

**Plan de Energización Rural Sostenible para el
Departamento de Nariño
(PERS-NARIÑO)**

Convenio Interinstitucional 110 de 2012

Universidad de Nariño

José Edmundo Calvache
RECTOR

Andrés Pantoja
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Darío Fajardo
COORDINADOR ADMINISTRATIVO PERS

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)

Ángela Cadena
DIRECTORA GENERAL

Olga Leandra Rey
COORDINADORA TÉCNICA PERS

Brenda Roncancio
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**USAID, Programa de Energías Limpias para
Colombia (CCEP)**

José Eddy Torres
DIRECTOR GENERAL
COORDINADOR TÉCNICO PERS

Catalina Álvarez
SUBDIRECTORA
COORDINADORA ADMINISTRATIVA PERS

**Instituto de Planificación y Promoción de
Soluciones Energéticas para las Zonas no
Interconectadas (IPSE)**

Carlos Neira
DIRECTOR

Jairo Quintero
COORDINADOR TÉCNICO PERS