



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO DE CASO: ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD GEOTÉRMICA COMO ALTERNATIVA
DE RECURSO ENERGÉTICO PRIMARIO EN EL PROCESO DE COCCIÓN DE LA PANELA
EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE COMAYAGUA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERO EN ENERGIA**

PRESENTADO POR:

21741151 ANGEL ALDAVID URBINA MANCIA

ASESOR: ING. ALICIA MARÍA REYES DUKE

CAMPUS SAN PEDRO SULA, HONDURAS

Agradecimiento

Expreso sinceramente mis agradecimientos a:

A mis padres porque sin la ayuda de ellos, nada de esto hubiese sido posible.

En particular quiero agradecer a los ingenieros; Alicia Reyes y Ostin Solis, a quienes admiro y agradezco mucho por haberme brindaron su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

A mis amigos que siempre estuvieron motivándome y apoyándome cuando más lo necesite.

A los productores de panela del municipio de San José de Comayagua por haberme permitido tomar datos en su fábrica panelera.

Dedicatoria

Dedico de todo corazón mi trabajo y éxito de mis estudios:

Primeramente, a Dios sobre todas las cosas, por las infinitas oportunidades que me ha brindado para poder realizar este documento, porque sin el nada de esto hubiese sido posible.

A mis adorados padres quienes me enseñaron que nada en la vida es imposible, que todo lo podemos lograr con esfuerzo y dedicación, además de su apoyo incondicional, sus sabios consejos.

A mis hermanas y familiares, quienes siempre han estado ahí dándome su amor y apoyado incondicional durante mis años en la universidad.

Angel Aldavid Urbina Mancía

Resumen

La presente investigación analiza el beneficio directo de la utilización de un fluido geotermal en el proceso de cocción de la panela, en el Municipio de San José de Comayagua, Comayagua, Honduras. El análisis de los datos de temperatura en el recurso geotermal, fueron utilizadas para determinar un modelo termodinámico de transferencia de calor por convección y conducción basándose principios de transferencia de calor. De la ley del enfriamiento de Newton y la ley de Fourier.

El análisis de los dieciséis pozos del recurso geotermal de los municipios de San José de Comayagua, Comayagua y de San Pedro de Zacapa, Santa Bárbara; muestra que el pozo AC3, presenta las mayores temperaturas con respecto a los demás, según el estudio realizado por la universidad de USA & Laboratorio nacional de los andes, (1980). Asimismo, su ubicación geográfica es muy beneficiosa, para la implementación en proceso de producción de la panela. Por otra parte, la temperatura que se requiere en el proceso de cocción de la panela es de 120 – 125°C que es donde se da la sobresaturación de la masa.

Para determinar la factibilidad del uso de la geotérmica en proceso de cocción de la panela, se realizó un análisis del tiempo de cocción de la panela; con el método tradicional cuanto tiempo le va a tardar en alcanzar la temperatura de 120 – 125°C vs el tiempo que le va a tardar al fluido geotérmico llevar al caldo a la temperatura de saturación de la masa que es de 120 – 125°C. dando como resultado un margen de desventaja para el método tradicional de 7 minutos.

El análisis demuestra que la cámara de combustión o horno es la que mayores emisiones de CO₂ genera en una fábrica panelera. Debido al alto consumo de combustible que se da, para obtener el calor necesario para llevar a cabo la sobresaturación de masa, en el proceso de cocción de la panela. Los combustibles utilizados en este proceso son; las llantas, leña y bagazo.

Con la utilización de estos recursos, las emisiones de CO₂ aumenta significativamente en cada fábricas panelera de este municipio, dado a la alta contaminación que emite estos combustibles cuando son quemados en la cámara de combustión o horno. Según González, (2015), determina que por cada kilogramo de panela producido, se emiten 0.272045584 kg/m³ de CO₂ utilizando como combustible; el bagazo y leña, en una fábrica panelera.

índice

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	Planteamiento del Problema	3
	2.1 Precedentes del Problema	3
	2.2 Definición del Problema	4
	2.3 Justificación	4
	2.4 Preguntas de Investigación	5
	2.5 Objetivos.....	5
	2.5.1 Objetivo General.....	5
	2.5.2 Objetivos Específicos	5
III.	Marco Teórico	6
	3.1 La Panela.....	6
	3.2 Análisis del macro-entorno de la panela.....	7
	3.3 Análisis del micro-entorno de la panela.....	7
	3.3.1 Colombia	8
	3.3.2 Brasil.....	8
	3.3.3 Guatemala.....	8
	3.4 Análisis local del Sistema de Producción de Caña Panelera.....	9
	3.4.1 Apronte	11
	3.4.2 Molienda.....	11
	3.4.3 Clarificación	12
	3.5 Batido.....	15
	3.6 enfardado	16
	3.7 Generalidades de la geotermia y sus aplicaciones	16
	3.7.1 Orígenes de la Geotermia.....	18

3.7.2 Historia de la Energía Geotérmica	19
3.7.3 Tipos de Fluidos Geotérmicos y sus Aplicaciones	20
3.7.4 Energía Geotérmica y Desarrollo Sostenible.....	22
3.7.5 Energía Geotérmica en Honduras.....	22
3.8 Energía Geotérmica de Baja Entalpía	24
3.8.1 Usos a Nivel Mundial de la Geotermia.....	25
3.8.2 Uso en Latinoamérica	26
3.9 Termodinámica	27
3.10 Transferencia de Calor	28
3.10.1 Transferencia de Calor por Conducción.....	29
3.10.2 Transferencia de Calor por Convección	31
3.10.3 Transferencia de Calor por Radiación.....	32
3.11 Intercambiadores de Calor.....	32
3.11.1 Metodología del Diseño de Intercambiadores de Calor.....	33
3.11.2 Tipos de intercambiadores de calor	33
3.12 Características de los intercambiadores de calor	37
IV. Metodología	40
4.1 Enfoque.....	40
4.2 Variables de Investigación	41
4.3 Hipótesis de Investigación.....	43
4.4 Técnicas de Instrumentos Aplicados.....	44
4.4.1 Programas y softwares	44
4.5 Población y Muestra.....	45
4.6 Metodología de Estudio	46
4.6.1 Trabajo de campo	46

4.6.2 Evaluación de Recurso.....	47
4.6.3 transferencia de calor	48
4.7 Limitantes de estudio	49
4.8 Cronograma de Actividades.....	50
V. Resultados y Análisis.....	51
5.1 Resultados de toma de datos de campo	51
5.2 Resultados de Aplicación de Encuestas.....	52
5.3 Registro de temperaturas	53
5.3.1 Emisiones de CO2 en el Proceso de Elaboración de la Panela	54
5.4 Registro de Temperatura en Recurso Termal.....	55
5.4.1 Estudio de Propiedades Termodinámicas de Pozo AC3	56
VI. Conclusiones.....	60
VII. Recomendaciones.....	61
VIII. Bibliografía.....	62
IX. Anexos.....	66
9.1 Toma de datos de campo	72
9.2 Encuestas y entrevista.....	74
9.3 Proceso panelero.....	76
9.4 Sitio Geotérmico de San José de Comayagua	82

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Proceso Tecnológico Productivo de la Panela	10
Ilustración 2: Elementos de un sistema de fabricación de panela.....	10
Ilustración 3: Apronte	11
Ilustración 4: Molienda	11
Ilustración 5: Pre-limpieza del caldo crudo.....	12
Ilustración 6: La Placa Panelera.....	13
Ilustración 7: Caldera	13
Ilustración 8: Mielera.....	14
Ilustración 9: Puntera	14
Ilustración 10: Batido	15
Ilustración 11: Moldeo.....	15
Ilustración 12: Enfardado.....	16
Ilustración 13: Principales capas del planeta tierra: Núcleo, Manto, y Corteza.....	17
Ilustración 14: Primera utilización de un fluido geotérmico en el siglo XIX, Italia.	19
Ilustración 15: Aplicaciones vs temperatura del fluido geotérmico.....	21
Ilustración 16: Sitio geotérmico de Azacualpa y San José De Comayagua.....	23
Ilustración 17: Uso actual del recurso geotérmico de baja entalpía.....	25
Ilustración 18: Intercambiador de doble tubo	34
Ilustración 19: Esquema de un intercambiador de calor de coraza y tubos.....	35
Ilustración 20: Intercambiador de placas.....	36
Ilustración 21: Intercambiadores de calor compactos	37
Ilustración 22: Diagrama de las variables de investigación.....	43
Ilustración 23: Google Maps	44
Ilustración 24: Google Earth.....	45

Ilustración 25: Software Engineering Equation solver (EES).....	45
Ilustración 26: Total de Fábricas paneleras	46
Ilustración 27: Software: engineering equation solver (EES).....	48
Ilustración 28: Limitantes de estudio.....	49
Ilustración 29: Cronograma de Actividades.....	50
Ilustración 30: Principales fuentes utilizadas en el proceso de la cocción de la panela.....	53
Ilustración 31: Temperaturas de procesos de cocción de la panela.....	53
Ilustración 32: Comparación de las temperaturas de los pozos	55
Ilustración 33: Perfil de temperatura para pozos AC3	56
Ilustración 34: : Cantidad de calor suministrado para elevar la temperatura a 124 ⁰ C.....	58

Índice de Tabla

Tabla 1: Tipo de entalpía Según temperatura del subsuelo	20
Tabla 2: Según la tecnologías para su extracción.....	21
Tabla 3: Estimación de los pozos de Azacualpa y San José de Comayagua.....	24
Tabla 4: Calefacción de invernaderos por energía geotérmica en todo el mundo	26
Tabla 5: Características de un intercambiadores.....	38
Tabla 6: Cuadro de variables.....	42
Tabla 7: Características del proceso de elaboración de la panela.....	52
Tabla 8: Emisiones de CO ₂ por tipo de combustible utilizado en la cámara de combustión..	54
Tabla 9: Propiedades termodinámicas.....	57
Tabla 10: Comparación de costos de precisión.....	59

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Cantidad de transferencia de calor	28
Ecuación 2: Flujo de calor promedio	28
Ecuación 3: Para encontrar la tasa de transferencia de calor en estado estacionarios	29
Ecuación 4: Ley de Fourier de conducción térmica.....	29
Ecuación 5: Flujo de calor por tiempo y área	30
Ecuación 6: Conductancia térmica.....	30
Ecuación 7: Inversa de la resistencia térmica.....	30
Ecuación 8: Capacidad que tiene un material de oponerse al calor.....	31
Ecuación 9: Transferencia de calor por convección	31
Ecuación 10: Transferencia de calor por radiación.....	32
Ecuación 11: Cálculo de la muestra para poblaciones finitas.....	47
Ecuación 12: Cambio de estado de la materia.....	48
Ecuación 13: La ley de Fourier de la conducción de calor.....	49

Índice de Anexos

Anexo 1: Control de Fábricas Paneleras.....	66
Anexo 2: Permiso de Operación de Fábricas Paneleras.....	66
Anexo 3: Georreferencia del recurso geotermal y las fábricas paneleras.....	67
Anexo 4: Emisiones de CO ₂ por tipo de combustible utilizado en la caldera (horno).....	69
Anexo 5: Tabla de propiedades termodinámica de agua saturada.....	69
Anexo 6: Análisis de la temperatura vs a la entropía.....	70
Anexo 7: Análisis de la temperatura vs el volumen específico.....	70
Anexo 8: Análisis de la presión saturada vs el volumen específico.....	71
Anexo 9: Análisis de la presión saturada vs la entalpía.....	71
Anexo 10: Análisis de la entalpía vs la entalpía.....	72
Anexo 11: Toma de datos en fábricas paneleras.....	72
Anexo 12: Toma de datos en fábricas paneleras.....	73
Anexo 13: Tiempos de trabajo en la molienda.....	73
Anexo 14: Características del motor del trapiche.....	73
Anexo 15: Características del proceso de Apronte y Molienda.....	74
Anexo 16: Encuestas y entrevistas.....	74
Anexo 17: Ubicación del pozo AC3.....	75
Anexo 18: Perfiles de temperatura para pozos en el campo geotérmico de Platanares.....	75
Anexo 19: Costos de producción en fábrica panelera.....	76
Anexo 20: Corte de la caña de azúcar.....	76
Anexo 21: Carde caña.....	77
Anexo 22: Transporte de Caña de azúcar.....	77
Anexo 23: Proceso de extracción del jugo de la caña en el trapiche.....	78
Anexo 24: Bagazo húmedo.....	78

Anexo 25: Proceso desecado del bagazo	79
Anexo 26: Cámara de combustión o Horno de una fábrica panelera	79
Anexo 27: Proceso de cocción de la panela.....	80
Anexo 28: Sobresaturación de la masa o miel.....	80
Anexo 29: Enfriamiento de la Miel o Masa saturada.....	81
Anexo 30: Moldes de la panela	81
Anexo 31: Producto final.....	82
Anexo 32: Cueva del recurso termal de San José de Comayagua y Zacapa	82
Anexo 33: Yacimiento termal de San José de Comayagua	83
Anexo 34: Sitio termal de San José de Comayagua	83
Anexo 35: Aguas termales de San José de Comayagua.....	84
Anexo 36: Ubicación del pozo AC3.....	84
Anexo 37: Área de terreno del pozo AC3	85
Anexo 38: Carretera que conduce al pozo AC3 y el recurso termal.....	85
Anexo 39: Método tradicional de Elaboración de la panela.....	86
Anexo 40: Método propuesta de fabricación de la panela.....	87

I. INTRODUCCION

La producción de panela es una de las agroindustrias rurales de mayor tradición en América Latina y el Caribe. tanto así que esta actividad agropecuaria está casi presente en todos los países de esta región, convirtiéndose su producción en las últimas décadas en uno de los principales propósitos de los gobiernos de la región.

La elaboración mundial de este tipo de productos, sin refinar, compuesta de sacarosa, glucosa, fructosa, diversos minerales, grasas, compuestos proteicos y vitaminas, hace a la panela más rica que el azúcar, desde el punto de vista nutricional.

San José de Comayagua es una nación rica en biodiversidad, cuenta con un clima tropical y tiene la capacidad de producir distintos tipos de productos naturales.

Dentro de la variedad de productos que San José de Comayagua ofrece de forma natural también, se encuentran productos generados de su tierra; uno de ellos es la panela, que durante mucho tiempo ha sido el endulzante y elemento primordial en la canasta familiar de los diferentes estratos social del territorio nacional, debido a que este es un producto natural no tiene procesos de contaminantes en su obtención.

El elemento esencial para obtener este producto es, la caña de azúcar; que gracias a los factores climatológicos y la riqueza natural de San José de Comayagua esta planta crece con facilidad y sin necesidad de utilizar químicos, generando una ventaja para la panela, caso contrario su producción.

Las fábricas paneleras en San José de Comayagua; no están utilizando el bagazo como primera opción de combustible en la cocción de la panela, y esto puede deberse a que el proceso de secado del bagazo haga reducir su producción, por las condiciones desfavorables en algunas épocas del año. Obligando a los productores a buscar otras alternativas como combustible principal, las llantas y leña.

Para evitar la constante contaminación que provocan la utilización de llantas y leña, en las fábricas paneleras en el Municipio de San José de Comayagua; se realizará un estudio en el recurso Termal con que cuenta este municipio. Para el aprovechamiento de los fluidos geotérmicos de baja entalpía; estos se utilizan principalmente para la industria de alimentos.

Dada a las temperaturas que este presenta, se implementará este recurso geotérmico en el proceso de cocción de la panela en esta zona.

Para aprovechar la energía geotérmica se diseñará tecnologías adaptadas a las condiciones de trabajo. Asimismo; se realizará un nuevo proceso de fabricación de la panela, logrando integrar la energía geotérmica en el proceso de cocción de la misma.

La etapa de cocción constituye la más importante del proceso, debido al requerimiento de mano de obra calificada basándose sobre todo en la experiencia porque son ellos, los que determinan el punto exacto de sobresaturación de la masa cocida, empleando métodos organolépticos lo cual ocasiona diferencias constantes en el producto final.

Como antes mencionamos que el proceso de cocción es uno de los más importantes en la industria panelera, así mismo es el que más demanda requiere de energía calorífica, es por eso que; el uso desmedido de quemas de llantas y leña se incrementa. Por lo tanto; es necesario considerar como una alternativa el recurso termal que posee el municipio de San José de Comayagua, para disminuir las emisiones CO₂ que están produciendo las fábricas paneleras.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Objetivo de este capítulo es demostrar un panorama extenso. Con la finalidad de la problemática existente en las fábricas paneleras del Municipio de San José de Comayagua debido a la utilización de llantas y leña en el proceso de cocción de la panela. Dado a esto se establecen los precedentes del problema, definición del problema y su justificación. También se demostrarán los requerimientos solicitados a partir de las preguntas de investigación y objetivos del proyecto.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

El Municipio de San José de Comayagua, Comayagua, Honduras, utiliza para cocina y actividades económicas el uso de la leña en un 96.1% y 83.6% respectivamente. Esto se debe porque los habitantes de este Municipio en un 83.6% de la población se dedica a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca según datos del (INE, 2018).

La producción de la panela es una de las principales actividades agropecuarias del municipio de San José de Comayagua, Comayagua. Respecto a su Extensión territorial Es aproximadamente de unas 317 hectáreas de terreno con caña de azúcar que Están distribuidas en las 21 aldeas, 3 caseríos y su casco urbano. Convirtiendo al rubro de la caña de azúcar en un peldaño importante en la economía de este municipio.

Las fábricas de panela (galera) están generando un impacto ambiental negativo en el municipio de San José de Comayagua. Afectando directamente la flora, fauna y personal que labora en estas fábricas, comunidades cercanas, calidad del producto, entre otras.

Esto se debe a que los productores están utilizan como combustible principal las llantas y leña en el proceso de cocción de la panela, y esto puede deberse a que el proceso de secado del bagazo haga reducir su producción, por las condiciones desfavorables en algunas épocas del año.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido al uso desmedido de la quema de llantas y leña, en las fábricas paneleras en el Municipio de San José de Comayagua, es necesario considerar una alternativa que reduzca las emisiones CO_2 , aprovechando el recurso termal con que cuenta esta zona, por lo que; el aprovechamiento de energía geotérmica de baja entalpía para la producción de panela"

2.3 JUSTIFICACIÓN

El rubro de la caña de azúcar es la principal actividad agropecuaria del municipio de San José de Comayagua seguido del café, ganadería, actividades agrícolas entre otras. Generando unos 450 empleos directos, convirtiéndose así en un peldaño fundamental en la economía de este Municipio según datos obtenidos en la municipalidad de este Municipio (Dominguez , 2020).

Pero esta actividad está dejando huellas imborrables en los bosques y habitantes del - municipio, por el uso inadecuado que se le está dando a la leña y a las llantas. Cabe destacar que el principal responsable de que esto esté pasando son los productores que se ven obligados a utilizar en las fábricas de panela (galeras) leña y llantas. Cabe' mencionar que esto está pasando por que el bagazo no presenta las condiciones necesarias para ser utilizado después de ser obtenido en trapiche, asimismo este tiene que pasar por un proceso de secado, luego la recolección, para así poder ser utilización en la caldera (horno).

Debido a la gran contaminación que estas fábricas paneleras están ocasionando Organización No Gubernamental (ONG) han mostrado su interés por ayudar con la problemática que está ocasionando en el municipio por esta actividad agropecuaria.

Para evitar la utilización de estos recursos que están siendo una de las grandes amenazas para el ambiente y los habitantes de esta comunidad, se implementara un diseño óptimo, para mejorar la producción de la panela, se determinarían los daños que son causados por utilizar llantas y leña en la cocción de la panela, y se mostrarían las emisiones de CO_2 y el cómo reducirlas, en el proceso de cocción de este producto bajo implementación de la energía geotérmica.

Esta fuente de energía renovable no está siendo utilizada para ningún proceso de generación de energía, por lo cual se utilizará en el proceso de cocción de la panela en el municipio de San José de Comayagua.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Contará con las temperaturas requeridas el recurso geotérmico del municipio de San José de Comayagua?
- 2) ¿Será factible la implementación de la geotérmica en el proceso de fabricación de la panela?
- 3) ¿Se logrará superar la producción actual con el nuevo proceso de fabricación de la panela?
- 4) ¿Cuántas emisiones de CO₂ se lograrán reducir con la implementación de la geotérmica en el proceso de producción de la panela?

2.5 OBJETIVOS

Se fijarán los objetivos a cumplir, dividiendo estos en objetivo general, el cual describe de manera general lo que se pretende desarrollar como investigación y objetivos específicos, en lo que se refiere a puntualizar las acciones del objetivo general estipulando una dirección concreta para el correcto desarrollo de la geotérmica en el proceso de cocción de la panela.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el recurso geotermal del Municipio de San José Comayagua para la utilización directa de la geotermia de baja entalpía, como alternativa en el proceso de cocción en las fábricas de panela.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Evaluar la temperatura presente en el recurso geotermal de Municipio de San José de Comayagua de media entalpía, para ver si es factible la implementación de este recurso en el proceso de fabricación de la panela.
- 2) Establecer el diseño óptimo para mejorar el proceso de producción de la panela.
- 3) Calcular las emisiones de CO₂ que se van a dejar de emitir a la atmósfera con la utilización de la geotermia de baja entalpía.

III. MARCO TEÓRICO

La constante contaminación en las fábricas de panela es un tema de suma relevancia ya que se están utilizando llantas y leña en el proceso de cocción de este producto convirtiéndose en una amenaza para las personas y medio ambiente. Dentro del marco teórico describiré los diferentes componentes para utilizar la geotermia de baja entalpia en el proceso de fabricación de la panela, así mismo se describirá el proceso actual con que están elaborando la panela. se enfatizará en los nuevos recursos necesarios para llevar acabo dicho proyecto.

3.1 LA PANELA

La panela es un tipo de azúcar muy consumido en zonas como Filipinas, Asia del Sur, pero sobretudo en los países de América Latina. Es considerado el tipo de azúcar más puro. Se obtiene al evaporar los jugos de la caña de azúcar y posterior mente se cristaliza la sacarosa. Al no tener que pasar ningún proceso posterior como el refinado o el centrifugado, es tipo de azúcar guarda todas las propiedades originales de la caña de azúcar.

- En Colombia es la base de una popular bebida, el agua de panela, lo cual consiste simplemente por una combinación de agua y panela a la que se le puede añadir zumo de limón o queso tipo mozzarella, obteniendo así un agradable sabor.
- Es utilizada como endulzante en elaboración de frescos, zumos, té e infusiones. Usada también para hacer chocolate, mermelada, galleta, tostar café, y dulces.
- Al igual que la miel de abeja tiene un efecto balsámico y expectorante en cosas de refriados.
- Aporte de manera rápida y eficaz energía al organismo tras un gran esfuerzo.
- Ayuda a combatir estado de fatiga y cansancio.
- Ayuda a combatir gripes y refriados
- Le proporciona al organismo los nutrientes que necesita a diario.
- El principal elemento de la panela es el azúcar sacarosa cuyo contenido va del 75 al 85% del peso seco.
- Además, también encontramos en menor medida glucosa y fructosa.
- Calóricamente aporta entre 310 y 350 Kcal. Cada 100gramos, contiene pequeñas cantidades de vitamina A, algunas del grupo B, C, D y E.

- En cuanto al contenido mineral destacan el calcio, hierro, potasio, fosforo, magnesio, cobre, zinc y manganeso.
- La panela contiene 5 veces más minerales que el azúcar moreno y 50 veces más minerales que el azúcar blanco.
- También tiene cualidades curativas en heridas con su propiedad cicatrizante (panela rallada), también es beneficiosa para enfermedades del sistema respiratorio, como la bronquitis (Aguas de la panela con limón caliente) y para el hígado (Bernal, 2010).

3.2 ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNÓ DE LA PANELA

La panela es un producto consumido en el mundo y a nivel local, pero que tiene un potencial para ser comercializado a gran escala. Según cifras de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 26 países en el mundo producen panela.

3.3 ANÁLISIS DEL MICRO-ENTORNÓ DE LA PANELA

La producción de panela es una de las agroindustrias rurales de mayor tradición en América Latina y el Caribe. En contraste a la industria azucarera, la producción de panela se realiza en pequeñas explotaciones campesinas mediante procesos artesanales en los que prevalece una alta intensidad de trabajo familiar y aún muy bajas tasas de introducción de tecnologías mecanizadas o de alta intensidad de capital (Rodríguez, 2001).

La producción panelera se presenta en casi todos los países de la región. Entre los países productores de panela reportados en el continente se destacan Colombia, Brasil, México, Guatemala, Venezuela, Haití, Perú, Ecuador, Honduras, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Bolivia y Argentina.

La producción en América Latina en 1998 fue cercana a 1 800 000 toneladas anuales de panela, que representa cerca del 12.3 por ciento de la producción mundial (PRODAR, 1994). Algunas denominaciones del producto en América Latina son las siguientes: Panela (Colombia, Guatemala, Panamá, Ecuador, Bolivia), Chancaca (Perú y Chile), Rapadura (Brasil, Argentina), Raspadura (República Dominicana, Ecuador), Papelón (Venezuela), Piloncillo (México), Tapa Dulce (Costa Rica), Atado de Dulce (Nicaragua), Empalizado (Bolivia).

3.3.1 COLOMBIA

La producción de panela se halla ampliamente dispersa en la geografía colombiana, siendo una actividad económica frecuente en casi todos los departamentos del país. Las regiones colombianas más productoras de panela son Boyacá, Santander, Cundinamarca, Antioquia, Huila y Nariño, departamentos que concentran más de las tres cuartas partes de la producción nacional. Los rendimientos obtenidos por hectárea son muy heterogéneos, debido a las diferencias en los contextos socioeconómicos y tecnológicos en que se desarrolla la producción. Los mayores rendimientos se alcanzan en la región de la Hoya del Río Suárez (ubicada en los departamentos de Boyacá y Santander), donde se ha logrado el mayor desarrollo tecnológico tanto del cultivo como del procesamiento de la caña panelera.

Para la producción de la panela se han orientado a valorar y reconocer el valor nutricional de este producto, para su consumo directo y como aditivo en otros productos alimenticios; así como a mejorar la eficiencia de su proceso productivo, a través de investigaciones orientadas a la calidad e inocuidad, eficiencia térmica y características de producto final.

3.3.2 BRASIL

Respecto a la producción panelera o de rapadura, Brasil es el segundo productor de panela a nivel de América Latina, este sector constituye la principal fuente de ingresos de las familias campesinas especialmente del nordeste del país.

La fase de elaboración de la panela, el transporte de la caña al trapiche se realiza a lomo de mula y/o en burros, aproximadamente el 50 por ciento de los productores utilizan este medio de transporte, el 30 por ciento usa carros tirados por bueyes y solo el 20 por ciento vehículos. El principal combustible utilizado para la hornilla es la leña, seguido por el bagazo. La gran mayoría de los trapiches o ingenios cuentan con equipos obsoletos y sin mantenimiento, en donde el uso de materiales inapropiados en las pailas, como hierro y cobre, y el desconocimiento de las normas sanitarias ha contribuido a desmejorar la calidad del producto.

3.3.3 GUATEMALA

La producción panelera en Guatemala constituye una actividad productiva ancestral que se mantiene vigente a pesar del escaso apoyo gubernamental y el desarrollo económico y tecnológico alcanzando por la industria azucarera en el país. Esta constituye la principal fuente

de ingresos y empleo de muchas familias campesinas, especialmente de los departamentos de Santa Rosa, Quiché, Baja Veraz, Chiquimula, Zacapa y Retalhuleu.

Las unidades productivas se caracterizan por un bajo nivel tecnológico, donde predominan los cultivos viejos con bajos rendimientos, prácticas de control de malezas manuales, trapiches que llevan más de 20 años funcionando con motores accionados por fuerza animal y motor de diésel, este último especialmente en la región de Santa Rosa, con instalaciones en su mayoría en adobe, piso en tierra, techo en lámina galvanizada, hornillas con pailas en hierro y el uso de leña y llantas como combustible para la hornilla. Proceso de producción de la panela.

3.4 ANÁLISIS LOCAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CAÑA PANELERA

A diferencia de otros cultivos no requiere el uso de muchos agroquímicos para su producción en lo que concierne al manejo agronómico del cultivo. En el municipio de San José de Comayagua la cantidad de hectáreas cultivadas con este cultivo supera las 300 hectárea que se encuentran distribuidas en todo el territorio de este municipio, convirtiendo así en un peldaño fundamental en la economía de este municipio. Los procesos de elaboración de la panela es un proceso que maximiza el uso de todos los materiales, pero en ocasiones estos materiales no son lo suficientemente eficiente por lo que lleva a los productores a tomar otras alternativas como ser la utilización de llantas y leña en el proceso de cocción de este producto.

Se empieza por la caña de azúcar que al ser procesada por el trapiche genera un bagazo que es usado como combustible para el horno. residuos sólidos como bagacillo (mumuza) son utilizadas para abono del cañal. Luego se da el proceso de clarificación que es aquí donde se dan las cachazas que se sacan del jugo de la caña (caldo) estas son enfriada y sirve como comida de las mulas que son utilizadas en proceso de movilización de la caña desde el cañal ala becadilla (burro) del trapiche. La parte alta de la caña tallo y hojas (cogollo) son utilizadas también para alimentar las mulas y ganado. A continuación, se describirá todos los pasos y recursos materiales que conlleva la elaboración de la panela específicamente para este municipio, como se observa a continuación.

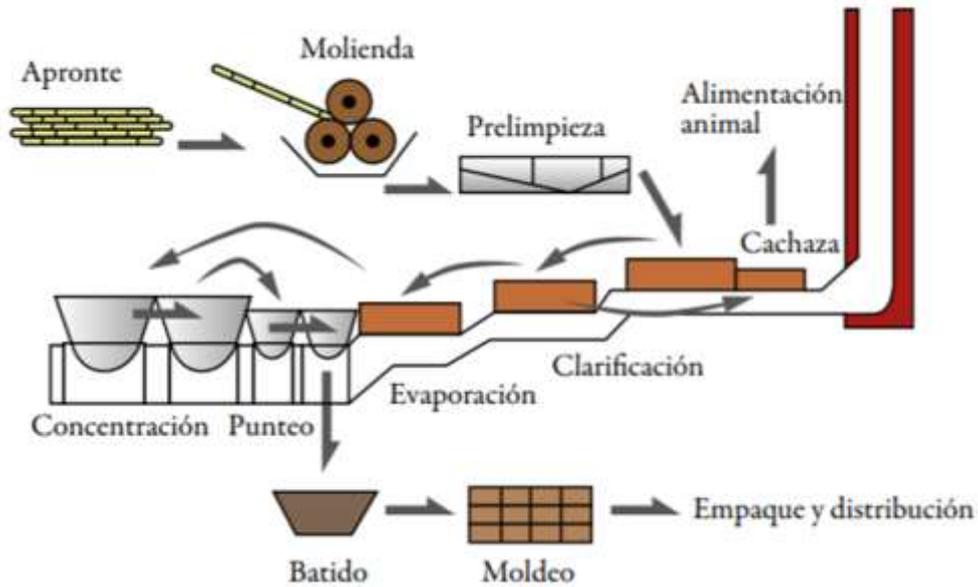


Ilustración 1: Proceso Tecnológico Productivo de la Panela

Fuente: (corantioquia, 2002)

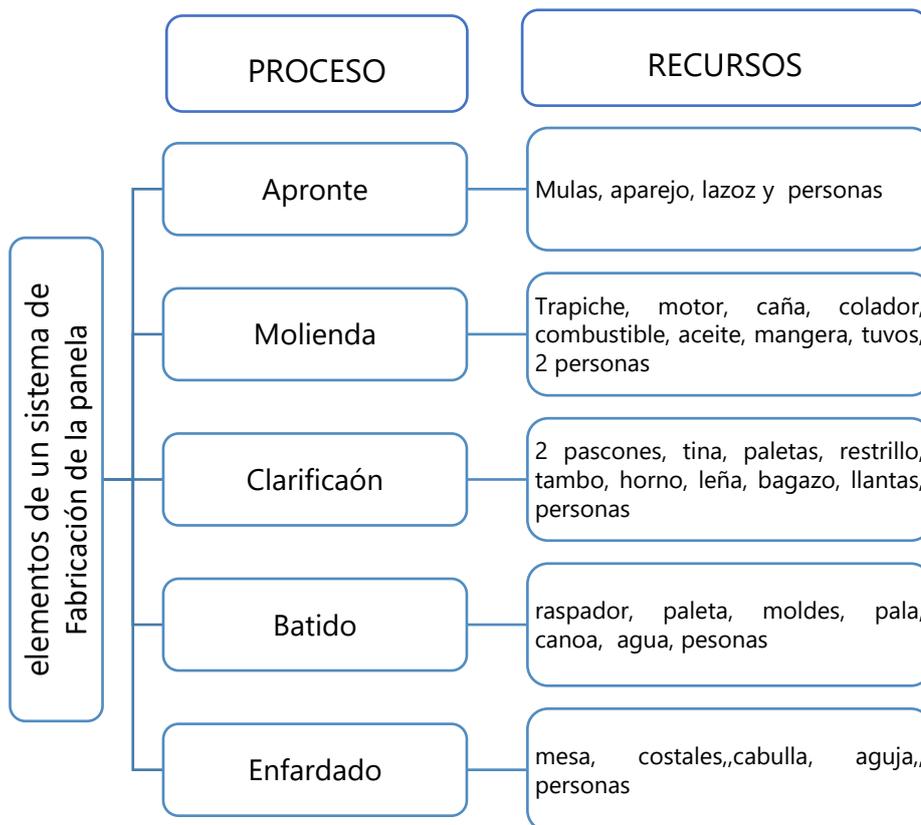


Ilustración 2: Elementos de un sistema de fabricación de panela

Fuente: Elaboración propia, información recopilada en visitas de campo

3.4.1 APRONTE

Es la recolección de la caña cortada (ilustración 3), se transporte desde el sitio de cultivo hasta el trapiche para luego realizar el almacenamiento en la becadilla (burro). Previa a la extracción del jugo de caña (caldo) en el trapiche. Estas cargas de caña son transportadas por animales de carga desde el cultivo hasta el trapiche, teniendo un peso aproximado por carga de caña de 280 libras, anexos 15. los materiales utilizados en este proceso (ilustración 2). En este proceso trabajan 4 personas, dos que se encargan de cortar la caña y los otros dos la transportan en las mulas.



Ilustración 3: Apronte

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2 MOLIENDA

En esta etapa se da la extracción de jugo, por el paso de la caña por el trapiche (ilustración 4), con esta operación se obtiene un jugo o caldo crudo como producto principal y bagazo húmedo (verde) que se emplea como combustible para el horno previo a pasar por un proceso de secado. Asimismo, en este proceso se utilizan combustibles (diésel). La cantidad de combustible utilizado en una molienda es un galón por día. los materiales utilizados en este proceso (ilustración 2).



Ilustración 4: Molienda

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2.1 LIMPIEZA DE LOS JUGOS (CALDO CRUDO)

consiste en eliminar por medios físicos y a temperatura ambiente el material grueso con el que sale el jugo de caña del molino, principalmente las partículas de bagazo, su separación se da con un recurso llamado pazcón (ilustración 5). Estos residuos no se utilizados solo los desechan.



Ilustración 5: Pre-limpieza del caldo crudo

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3 CLARIFICACIÓN

El jugo pre-limpiado pasa a la placa (pilas) para empezar a calentarse, comenzando aquí proceso de clarificación y cocción de la panela que se da en la placa con unas temperaturas de 123 a 124°C (Bernal, 2010). Es aquí donde el hornero utiliza una técnica que ha perdurado de generaciones en generación que es la utilización de la corteza del caulote con el fin de acumular muchas cachazas en una misma parte, ayuda así a poder hacer su extracción de una forma más fácil. Al realizar su extracción se acumulan en un balde para luego alimentar las mulas y vacas, este material extraído se conoce como cachazas espuma y melaza y es un alimento muy nutritivo para los animales.

3.4.3.1 LA PLACA

la placa está hecha de hierro (ilustración 6). Esta va sobre el horno, este es quien recibe el fuego directo de los diferentes combustibles utilizadas por los productores de panela en el proceso de cocción (ilustración 2), estos pueden ser leña, bagazo y llantas. Así mismo es aquí donde se dan los tres procesos de cocción de la panela (caldera, mielera y puntera)



Ilustración 6: la Placa Panelera

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.2 CALDERA

En esta etapa de cocción es donde se tiene menor temperatura, aproximadamente de (90°C), pero mayor cantidad de caldo y cachazas, pero así el caldo aquí es donde más cantidad de agua contiene (ilustración 7). Conteniendo las siguientes medidas: ancho 0.762m, largo 3.683m y con una profundidad de 0.3048m, los materiales utilizados en este proceso (figura2)



Ilustración 7: Caldera

Figure Fuente: Elaboración propia

3.4.3.3 MIELERA

Con el aumento de la temperatura en esta etapa es donde se concentra la mayor evaporación del agua (liquida a vapor) presente en el caldo (ilustración 8). Convirtiéndolo en pre-miel (mielita.). En este punto también encontramos las cachazas, pero son muy pocas, las medidas de la mielera son las siguientes: ancho 0.889, largo 1.8288m, profundidad de 0.3048m. los materiales utilizados en este proceso (ilustración 2). con un tiempo promedio de cocción anexos 11 y 12.



Ilustración 8: Mielera

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3.4 PUNTERA

Es la fase final del proceso de cocción de la panela, es aquí donde se encuentra el punto de la miel. Así mismo se determina si el cocimiento está listo para ser llevado a la siguiente fase (ilustración 9).



Ilustración 9: Puntera

Fuente: Elaboración propia

3.5 BATIDO

En esta etapa se agitan las mieles, una vez han alcanzado el punto de cocción de la miel y han sido sacadas del horno, con el propósito de cambiarles la textura y estructura. Al incorporar aire cuando esta se agita en la canoa y esta se enfría y adquiere su característica de sólido compacto.



Ilustración 10: Batido

Fuente: elaboración propia

3.5.1.1 MOLDEO

En esta etapa se da la forma a la panela y esta es cuadrada. Así mismo se da el proceso de enfriamiento de la miel en los moldes.



Ilustración 11: Moldeo

Fuente: Elaboración propia

3.6 ENFARDADO

Es la fase final del proceso de la fabricación de la panela. Aquí lo que hacen es enfardar el tercio que lleva 40 cuadros de dulce (panela) y los materiales que utilizados son: cabuya, costal y una aguja para construir el tercio.



Ilustración 12: Enfardado

Fuente: Elaboración propia

3.7 GENERALIDADES DE LA GEOTERMIA Y SUS APLICACIONES

Se estima que la demanda energética crecerá de 16424 [TWh] a 30364 [TWh] en el periodo de 2004 a 2030. Actualmente la mayor parte de la energía eléctrica se produce a partir de la utilización de los combustibles fósiles. Los cuales presentan dos problemas: las emisiones de gases de efecto invernadero y sus precios variables. Las energías renovables se presentan como una alternativa para la producción de energía eléctrica, ya que las fuentes de energía renovables se caracterizan por lo siguiente: Son fuentes de energía ilimitadas, deben poder suplir la demanda energética, deben ser económica y tecnológicamente factibles, y reducir las emisiones de CO₂ y no generan residuos.

Entre las energías renovables la energía geotérmica es la que cuenta con mejor desarrollo y aplicación a futuro, dicha energía se produjo desde los inicios de la tierra, aproximadamente 4,500 millones de años, cuando la Tierra era una inmensa bola ardiente de gases y polvo. La parte externa de la tierra se enfrió rápidamente, y en su interior se almacenó una gran cantidad de energía, que se emite en forma de calor por los volcanes, terremotos, formación de cordilleras entre otros. La movilidad de las placas (movimiento entre la astenósfera y litosfera), y los movimientos de convección entre el manto y el núcleo externo son generados a partir del calor de la tierra (Llopis Trillo & Rodrigo Angulo, 2008).

La energía en forma de calor que se obtiene desde el centro de la tierra se denomina geotermia, término que proviene de las palabras griegas "Geo" que significa tierra, y "Thermos" que significa calor; por lo tanto, geotermia significa "calor de la tierra". También se utiliza la palabra geotermia para referirse a la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta, así como al conjunto de procesos industriales que intentan explotar ese calor para producir energía eléctrica y/o producción de calor útil para el ser humano (Llopis Trillo & Rodrigo Angulo, 2008).

La historia de la Tierra tuvo como resultado la formación de tres capas definidas por su composición química: la corteza, el manto y el núcleo y se muestra en la (ilustración 13). Además de estas tres capas de diferente composición, la Tierra se puede dividir en capas en función de sus propiedades físicas. Las propiedades físicas utilizadas para definir estas zonas son su carácter sólido o líquido y cuán dúctil o resistentes son. El conocimiento de ambos tipos de estructuras en capas es esencial para la comprensión de los procesos geológicos básicos, como el volcanismo, los terremotos y la formación de montañas (Tarbuck & Lutgens, 2005)

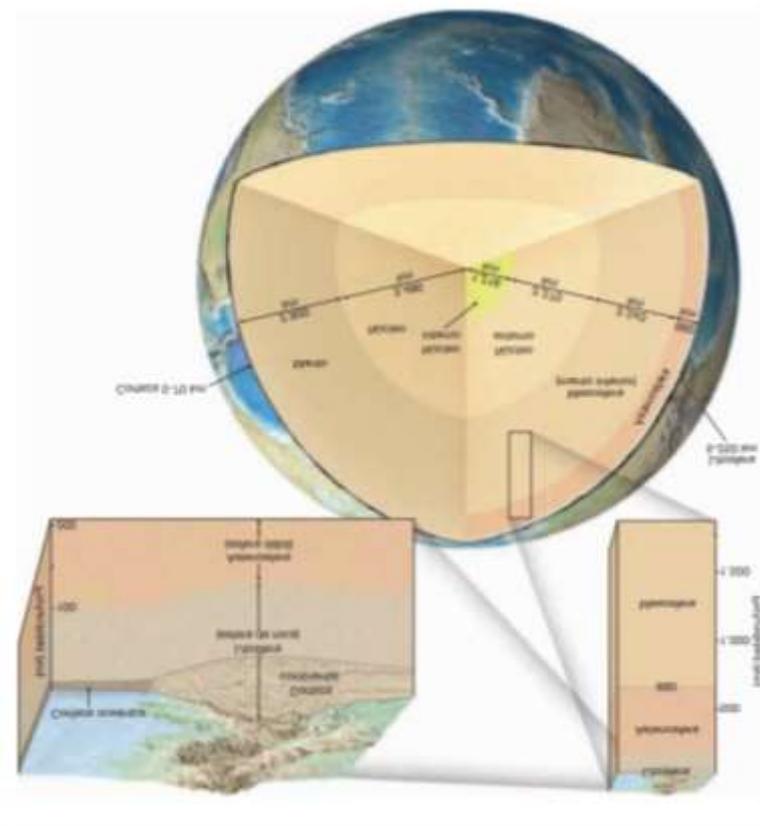


Ilustración 13: Principales capas del planeta tierra: Núcleo, Manto, y Corteza

Fuente: (Tarbuck & Lutgens, 2005)

3.7.1 ORÍGENES DE LA GEOTERMIA

Hace unos 4.500 millones de años, la Tierra era una inmensa bola ardiente constituida esencialmente por gases y polvo. Cuando esa nebulosa se enfrió y se consolidó, hace unos 3.800 millones de años, se formó una corteza dura que atrapó en su interior una ingente cantidad de calor, que todavía perdura hoy en día haciendo del planeta una enorme caldera natural (Llopis Trillo & Rodrigo Angulo, 2008).

Desde épocas remotas el hombre ha sospechado que en el interior de la Tierra la temperatura es más elevada que en la superficie como lo evidencian los volcanes, los manantiales termales, el calor que se experimenta al descender por una gruta. Ya en nuestro siglo, gracias a los avances en la técnica de perforación de pozos, se comenzó a hacer mediciones de la variación de la temperatura de acuerdo con la profundidad y se llegó a la conclusión de que en zonas normales donde no se manifiestan fenómenos de vulcanismo o termales- la temperatura de la corteza de la Tierra aumenta a un ritmo de 30°C por kilómetro de profundidad. Esto llevó a los científicos a considerar que en alguna parte del interior de nuestro planeta existe una fuente térmica que irradia hacia la superficie un calor que, de acuerdo con las más recientes teorías científicas, proviene de los cataclismos cósmicos que produjo la formación del Sistema Solar y de nuestro planeta; lo que se denomina "diferenciación gravitacional", el hundimiento de los elementos más pesados y el afloramiento de los más ligeros (Prol-Ledesma, 1988).

Las manifestaciones termales superficiales son la prueba visual del calor encerrado en el interior de la Tierra, tomando como ejemplo Yellowstone (Oregón, EUA), la cual es probablemente una de las zonas geotérmicas más grandes del mundo y en donde se puede encontrar casi todo tipo de manifestaciones termales superficiales: manantiales, géiseres, fumarolas, pozas de lodo, terrazas de sílice, pozas calientes, suelos vaporizantes, etcétera. (Prol-Ledesma, 1988).

Además de estas manifestaciones, a las que se les denomina hidrotermales, puesto que implican la descarga de agua o vapor, se tienen los volcanes, los cuales en lugar de agua arrojan lava, roca fundida, gases y vapor a temperaturas generalmente mayores de 600°C. liberando una gran cantidad de energía (Prol-Ledesma, 1988).

Las concentraciones hidrotermales determinar zonas en las cuales se puede generar energía geotérmica, igualmente esta energía incluye el calor almacenado en roca, suelos y aguas subterráneas. determinando temperatura, profundidad y procedencia. Excluyendo en masa de aguas superficiales, continentales o marinas las cuales [pueden ser explotadas mediante la bombas de calor (Llopis Trillo & Rodrigo Angulo, 2008).

Los recursos geotérmicos se encontrar en todo el mundo, incluyendo los recursos significativos en el oeste y en las costas de América de Norte. Pero son pocos los lugares en los que se encuentra la temperatura para el aprovechamiento de generación eléctrica (ENBRIDGE, 2020).

3.7.2 HISTORIA DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Esta energía ya existía mucho antes de que las personas le adjudicaran un nombre. Donde existían aguas termales o fumarolas naturales, la gente las utilizaba para cocinar sus alimentos, darse baños con agua caliente, y calentar viviendas, invernaderos y establos; los minerales que contienen las aguas termales se utilizaban con fines médicos.

En el siglo XIX este tipo de energía se empezó a aprovechar industrialmente con los avances tecnológicos de esta época. El fundador de la industria geotérmica fue el francés François Larderel; él fue quien utilizó los líquidos en un proceso de evaporación en lugar de quemar la madera y de esta forma dio inicio a lo que hoy conocemos como la energía geotérmica (Salazar & Serrato, 2015). Como se muestra en la (ilustración 14)

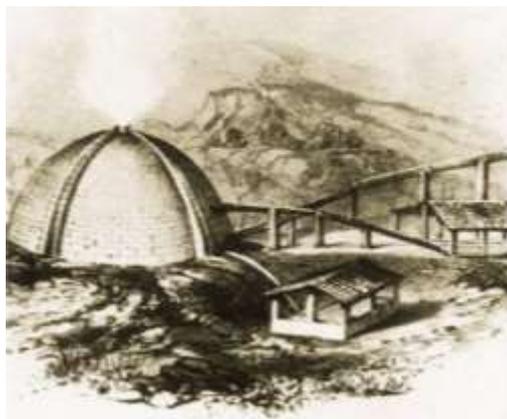


Ilustración 14: : Primera utilización de un fluido geotérmico en el siglo XIX, Italia.

Fuente: (Fanelli & Dickson)

3.7.3 TIPOS DE FLUIDOS GEOTÉRMICOS Y SUS APLICACIONES

Esta fuente de energía renovable y potencialmente utilizable en una gran variedad de sectores en la actualidad, podemos clasificarla en dos formas diferentes, según la temperatura del subsuelo en la que podemos encontrarla, o bien atendiendo a las tecnologías utilizadas para su extracción (Llopis Trillo & Rodrigo Angulo, 2008).

Para una mejor explicación se adjuntan las siguientes Tablas (1 y 2), donde se refleja el tipo de yacimiento y sus temperaturas de extracción, así como la posterior utilización de dicha energía extraída. Hay que mencionar, que, "la entalpía es la cantidad de energía que un fluido, o un objeto intercambiar con su entorno. Se expresa en kJ/kg o en kcal/kg"

Aunque no existen aparatos para medir directamente la entalpía de un sistema, la diferencia en los tipos de fluido generado se expresa a partir de la temperatura, debido a que la entalpía es considerada proporcional a la temperatura. Por ejemplo: escribir bajo entalpía es similar a escribir bajo temperatura.

Tabla 1: Tipo de entalpía Según temperatura del subsuelo

Tipo De Yacimiento		Rango De temperatura	Uso Principal
Muy baja entalpía	Subsuelo con o sin agua	5°C < T > 30°C	Climatización
	Aguas subterráneas	10°C < T > 30°C	
Baja entalpía	Aguas Termales	22°C < T > 50°C	Balnearios, Acuicultura
	Zonas Volcánicas	T > 100°C	Calor de distinto
	Almacenes sedimentarios profundos		
Media entalpía		100°C < T > 150°C	Electricidad
			Ciclos binarios
Alta entalpía		T > 150°C	Electricidad

Fuente: (Carrasco & Márquez, LA ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA, 2015)

Tabla 2: Según la tecnologías para su extracción

Tecnología	Tipo De Yacimiento	Temperatura
Bomba de Calor	Muy baja entalpía	5°C < T > 30°C
Uso directo Bomba de calor	Baja entalpía	30°C < T > 100°C
Ciclos Binarios	Media entalpía	100°C < T > 150°C
Uso directo Ciclo binario	Alta entalpía	T > 150°C

Fuente: (Carrasco & Márquez, LA ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA, 2015)

En la (ilustración 15) se muestran las aplicaciones más importantes de la energía geotérmica con los rangos de temperatura de utilización, y en su parte inferior se establece una agrupación de la energía geotérmica, entre diferentes intervalos de temperatura, en cuatro grandes tipos: muy baja, baja, media y alta temperatura como se muestra en la (tabla 2).
Tecnología

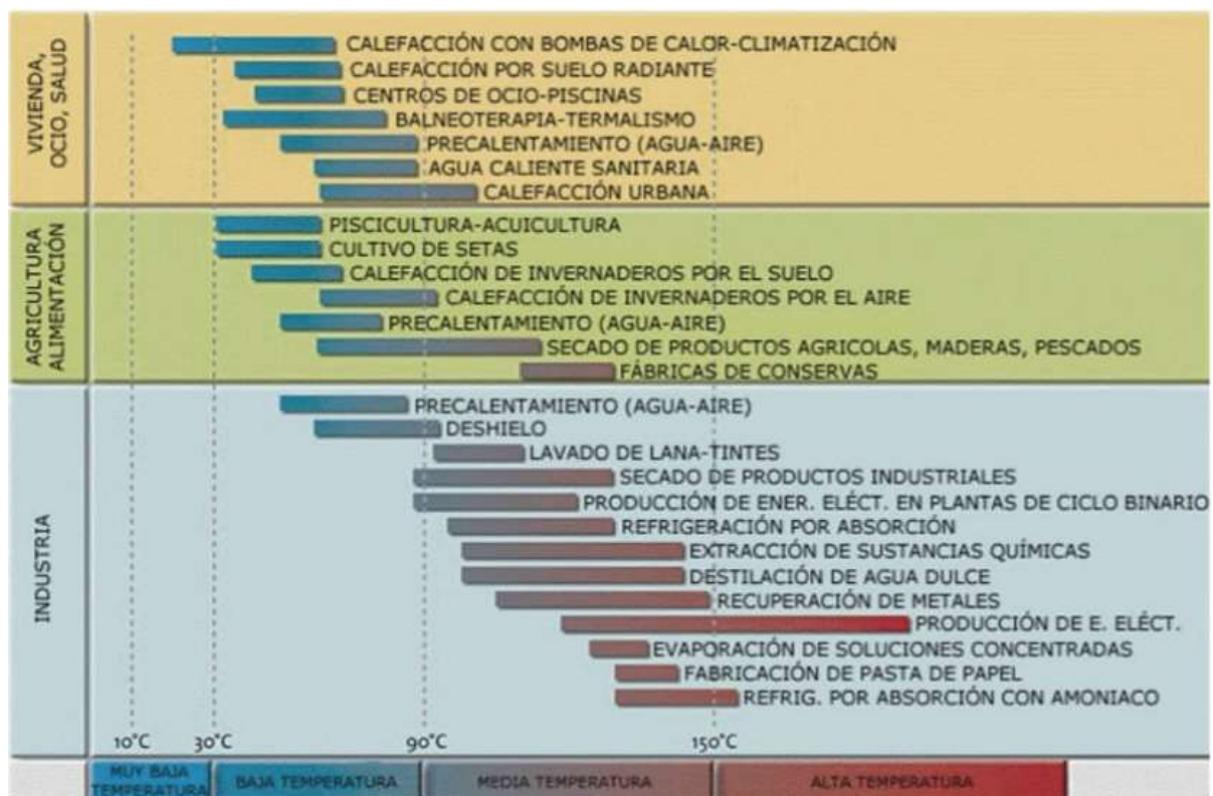


Ilustración 15: Aplicaciones vs temperatura del fluido geotérmico

Fuente: (Llopis Trillo & Rodrigo Angulo, 2008).

3.7.4 ENERGÍA GEOTÉRMICA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Del grupo de las energías renovables, es muchos beses ignorada. sin embargo, ya existía antes de que la expresión fuese inventada y mucho antes que se hablara de desarrollo sostenible. La energía geotérmica emite pocos gases de efecto invernadero y es parte de lucha contra el cambio climático: otras de las ventajas es que las condiciones climatológicas no le afectan, ni las estaciones anuales, ni el día ni el viento. Convirtiéndose así en una energía con las siguientes características: renovable, firme, limpia, económica, eficiente, continua, para todo el mundo.

3.7.5 ENERGÍA GEOTÉRMICA EN HONDURAS

En Honduras, se desconocía la posibilidad de usar este tipo de energía renovable. Fue hasta que, existe una iniciativa pionera en este tipo de proyecto llamada Geotérmica Platanares en la Unión, Copan con una capacidad instalada 35 megavatios. Convirtiéndose en la primera central geotérmica de Honduras (Córdova, 2014).

Asimismo, Honduras cuenta con otros sitios factibles para la generación de energía como lo afirma, el Servicio Geológico de EE. UU. (USGS) confirmaron potencial para el desarrollo de recursos geotérmicos en el sitio de San Ignacio y Los sitios de Zacualpan tienen potencial para el desarrollo de energía geotérmica como lo muestra la figa.



Figure 1: Ubicación de las áreas de prospección geotérmica en Honduras.

Fuente: (Trocki, 1989).

3.7.5.1 GEOLOGÍA DEL SITIO GEOTÉRMICO DE AZACUALPA Y SAN JOSÉ DE COMAYAGUA

El sitio geotérmico está ubicado en la parte central del oeste de Honduras en el Río Jaitique, aproximadamente a 100 km al noroeste de Tegucigalpa. El sitio, que consta de varias aguas termales, está muy arbolado con cañones de hasta 100 m de profundidad. La corteza terrestre en esta región parece estar muy fracturada. Y adelgazado, posiblemente debido a la extensión de la corteza, lo que haría que el Azacualpa sitio similar a los sitios geotérmicos que se desarrollan en el oeste de los Estados Unidos. Las aguas termales en el sitio de Azacualpa se elevan a la superficie a lo largo de segmentos de la falla de Zacapa (Finch, 1972, 1979). Temperaturas base en la tabla 3, reportadas por Goff et Alabama. (1986) son 180'-1900C, y la potencia de salida térmica estimada es ~ 14.4 MU. Este sitio geotérmico tiene un buen potencial de desarrollo. Como fuente de energía eléctrica. Asimismo, esta zona geotérmica cuenta con 16 pozos que se pueden apreciar en la ilustración 16 de los cuales cada pozo presenta temperaturas diferentes como se puede apreciar en la tabla 3. Cavé mencionar que dicho recurso geotérmico se encuentra distribuido en el territorio de dos Municipio que son; San José de Comayagua y san Pedro de Zacapa.

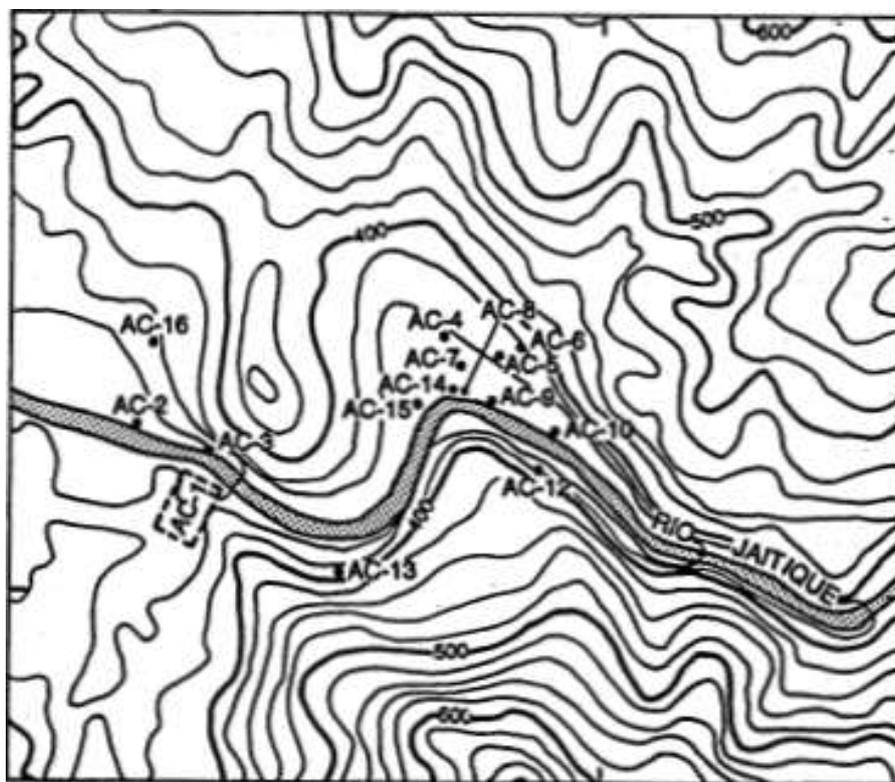


Ilustración 16: Sitio geotérmico de Azacualpa y San José De Comayagua

Fuente: (USA & Laboratorio nacional de los andes , 1980).

Tabla 3: Estimación de los pozos de Azacualpa y San José de Comayagua

Pozos	Temperatura [°C]	Caudal [l/min]	Salida térmica [kW]
AC 1	39	900	3822
AC2	8	20	11.2
AC3	64	30	134.4
AC4	40	1	2.8
AC5	30	45	94.5
AC6	30	45	94.5
AC7	30	45	94.5
AC8	61	4	17.1
AC9	55	4	3.9
AC10	49	12	41.2
AC11			
AC12	58	24	101.5
AC13	59	10	41.3
AC14	61	20	85.4
AC15	42	10	29.4
AC16	52	19	36.4

Fuente: Elaboración Propia, con datos del estudio realizado (USA & Laboratorio nacional de los andes , 1980)

3.8 EMERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA

La energía geotérmica de baja entalpia comienza a tener un desarrollo notable actualmente, se estima que la energía geotérmica almacenada a una distancia de 3km es 43, 000,000 EJ que corresponde a 1, 194, 444,444 [TWh], la cual representa menos del 1% del total de la energía del planeta, puede ser extraída con la tecnología actual, sería suficiente energía para suplir la demanda mundial.

Las aplicaciones del recurso geotermal de baja entalpía son muy diversas, abarcando desde el sector residencial con aplicaciones para calefacción y enfriamiento (principalmente en países con climas templados), el sector recreacional y medicinal, representado por balnearios, baños medicinales y piscinas templadas, el sector agrícola donde se destacan el secado (calor) y la conservación (refrigeración) de frutas, granos y vegetales, piscicultura entre otras aplicaciones (Hermosillo, 2012). En la ilustración 16, se muestra un balance del uso directo actual de la geotermia somera

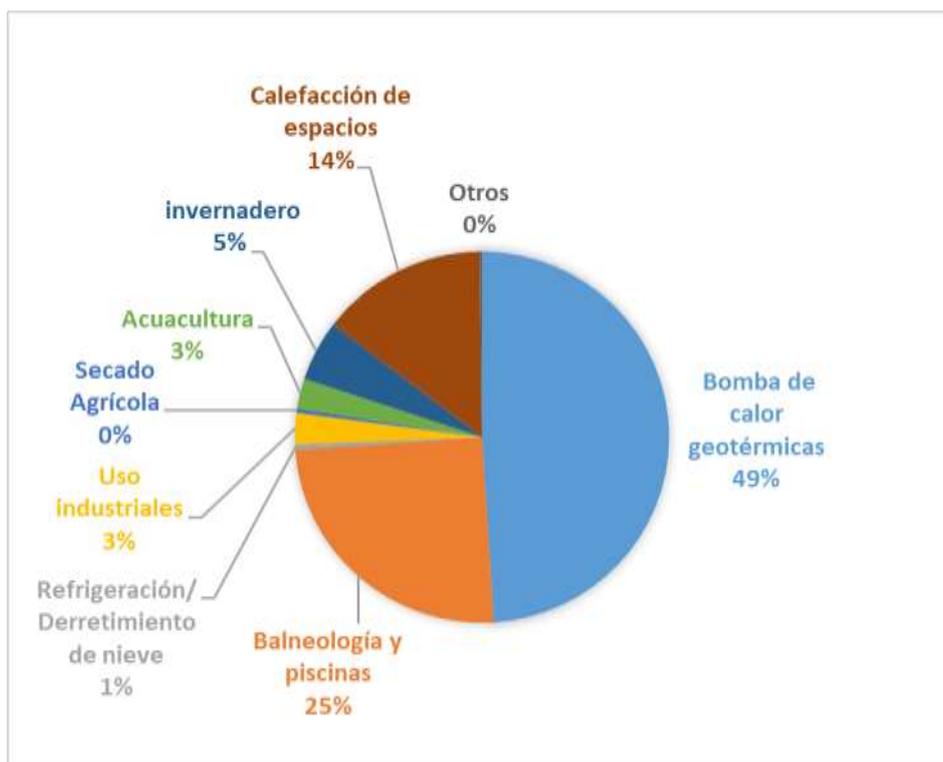


Ilustración 17: Uso actual del recurso geotérmico de baja entalpía

Fuente: Elaboración propia con datos de: (Hermosillo, 2012)

3.8.1 USOS A NIVEL MUNDIAL DE LA GEOTERMIA

Según los datos presentados en el Congreso Mundial de Geotermia en Bali 2010 (WGC2010) el total. La energía geotérmica utilizada para la calefacción de invernaderos en todo el mundo aumentó en un 13% en el uso anual de energía el período de cinco años de 2005-2010, de 20,661 a 23,264 TJ / año. En el mismo período el total instalado. La capacidad de calentamiento de invernaderos aumentó en un 10% de 1.404 [MWt] a 1.544 [MWt].

Existen 34 países alrededor del mundo que utilizan invernadero con flujo geotérmico de baja entalpía en el cual se reduce hasta un 80% el costo de operación. Los países fueron Turquía, Hungría, Rusia, China e Italia. Los principales cultivos en invernaderos son verduras y flores. Una gran parte de los costos de operación de invernaderos son costos laborales y esto ha llevado a un aumento de las importaciones de productos de invernadero de los países en desarrollo a los países desarrollados.

No existen datos confiables para el área total de invernaderos calentados geotérmicamente, pero basados en el requerimiento de energía promedio de 20 TJ / año / ha, determinado a

partir de los datos de WGC2000, puede ser estimó que aproximadamente 1.163 ha de área de invernadero fueron calentadas por energía geotérmica en todo el mundo en 2010. Esto corresponde a un aumento del 16,3% desde 2005. Algunos parámetros que describen el mundo El desarrollo en el sector invernadero durante el período 1995-2010 (Ragnarsson & Ágústsson, 2014) como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 4: Calefacción de invernaderos por energía geotérmica en todo el mundo

	1995	2000	2005	2010
Capacidad instalada [MWt]	1,085	1,246	1,404	1,544
Energía utilizada	15,742	17,864	20,661	23,264
Factor de capacidad	0.46	0.45	0.47	0.05

Fuente: (Ragnarsson & Ágústsson, 2014)

3.8.1.1 USO DIRECTO MUNDIAL DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN 2010

En la revisión de aplicaciones directas mundiales de energía geotérmica en 2010, muestra que se usó el 71% para procesos de calefacción (49% para bombas de calor, 14% para calefacción de espacios, 8% para procesos agrícolas), 25% para balneología, 2.7% para usos industriales y menos del 1% para otros procesos, como se presenta en la Figura 5. muestra los principales países con las mayores aplicaciones directas de los recursos geotérmicos en 2010, con una capacidad total de 40,000 [MWt] y un uso anual de 317,000 TJ / año (Recinos , 2014).

3.8.2 USO EN LATINOAMÉRICA

La humanidad siempre ha estado relacionada con los fluidos geotérmicos de baja entalpia, mediante la piscina termal (aguas termales), las cuales han sido utilizadas como medio refrescante en zonas de baja temperatura, incluso hasta los animales han podido disfrutar de este recurso.

A través de la historia registrada, se ha utilizado para recreación, relajación, socialización, terapia y como parte de las prácticas espirituales de las culturas en muchas partes del mundo (Haraldsson & Lloret , 2014). América Central son ricos en recursos geotérmicos; sin embargo, solo se ha desarrollado una pequeña porción para la generación de electricidad y pocas para aplicaciones directas.

En Guatemala Se construyó una planta piloto de deshidratación de alimentos en el campo geotérmico Zunil y La Laguna. En el salvador Los estudios de usos directos para el secado de frutas comenzaron en el campo geotérmico de Ahuachapán en 2003. en Berlín se instaló una planta piloto para secar frutas, piscinas termales y cuartos calientes. En Costa Rica Se han completado varios estudios en el campo geotérmico de Miravalles para secar frutas y verduras. En Honduras desarrollará su primera planta de energía geotérmica en el campo geotérmico de Platanares, asimismo es utilizado para piscinas termales. En Nicaragua los recursos geotérmicos en el país se han desarrollado para la generación de energía eléctrica y piscinas termales. En Panamá Se han realizado estudios para identificar reservorios de alta temperatura para la generación eléctrica; existen cuatro áreas con alto potencial y tiene piscinas termales en Calle de Anton. Mientras quien tiene el mayor desarrollo de baja entalpía es México, quienes utilizan sus recursos geotérmicos de baja entalpía en el secado de frutas, verduras, madera y sistemas de calefacción (Recinos , 2014).

3.9 TERMODINÁMICA

La termodinámica trata de la cantidad de transferencia de calor a medida que un sistema pasa por un proceso de un estado de equilibrio a otro y no hace referencia a cuánto durará ese proceso. Asimismo, es una parte de la fisicoquímica que se encarga del estudio del calor y su relación con las otras formas de energía analizando los efectos de los cambios de temperatura, presión, densidad, masa y volumen de un sistema. La transformación de energía de un tipo en otro y la eficiencia de la conversión de energía en trabajo son de los pilares fundamentales en el estudio de la termodinámica (Cengel, 2007).

La termodinámica se fundamenta en cuatro leyes universales:

- ley cero de la termodinámica: determina que dos cuerpos que se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, se encuentran en equilibrio entre sí
- La primera ley de la termodinámica; también conocida como principio de conservación de la energía, expresa que, en el curso de un proceso, la energía no se puede crear ni destruir; sólo puede cambiar las formas. Por lo tanto, toda pequeña cantidad de energía debe tomarse en cuenta en el curso de un proceso.
- la segunda ley de la termodinámica; establece el principio rector de las transformaciones de energía, es decir, indica la dirección en la que se efectúan la

interconversión de energía y restringe la transformación de todo el calor en otras formas de energía.

- la tercera ley determina la inviabilidad de alcanzar una temperatura igual al cero absoluto.

3.10 TRANSFERENCIA DE CALOR

La termodinámica es que se encarga de estudiar los sistemas en equilibrio que permiten determinar la cantidad de energía que se necesita para cambiar un sistema en equilibrio a otro. Asimismo, para estudiar la rapidez con la que sucede estos cambios energéticos, existen ciencias que se encargan de estudiar la transferencia de calor, la cual complementa la termodinámica mediante el análisis para predeterminar la rapidez con la que sucede la transferencia de energía térmica.

La cantidad de calor transferido se denota por la letra "Q" y tienen unidades de energía, para el sistema internacional las unidades son Joule [J], entre otros, se encuentra la caloría, Watt-hora y el BTU. Asimismo, la tasa o razón de transferencia de calor se denota mediante \dot{Q} . por otra parte, se puede determinar la cantidad de transferencia de calor [Q] durante un intervalo de tiempo Δt a partir de la formula (Cengel, 2007).

$$Q = \int_0^{\Delta t} \dot{Q} dt \quad [J]$$

Ecuación 1: cantidad de transferencia de calor

El calor, se definió como la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro; como resultado de la diferencia de temperatura. Asimismo, el calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación. Todos los modos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja (Cengel, 2007).

La razón de la transferencia de calor por unidad de área perpendicular a la dirección de esta transferencia se llama flujo de calor promedio y se expresa;

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Ecuación 2: Flujo de calor promedio

donde A es el área de transferencia de calor. En unidades inglesas, la unidad de flujo de calor es Btu/h · ft².

3.10.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

La conducción de calor ocurre solamente si hay diferencias de temperatura entre el medio conductor y la conducción depende del medio en el que se realice. Por ejemplo, se considera que los metales son los mejores conductores de calor por su alta conductividad térmica. Por otra parte, el aire, madera y plásticos son malos conductores de calor y se les llama aislantes.

Cuando dos objetos o sistemas entran en contacto, las moléculas en movimiento más rápido del objeto más caliente colisionan con las moléculas en movimiento más lento del objeto más frío, transfiriendo energía que las calienta. Este modo de transferencia puede ocurrir en sólidos, líquidos y gases debido a un contacto directo. En los sólidos se debe a una combinación de las vibraciones de las moléculas y al transporte de energía por parte de electrones libres mientras que en los gases y líquidos se debe a la difusión y colisiones moleculares, las moléculas con temperaturas y energías altas ceden energía mediante las colisiones a las moléculas con menor temperatura. Esta tasa de transferencia está sujeta al espesor, geometría y diferencial de temperatura del sistema como lo muestra la ecuación (Cengel, 2007).

Para encontrar la tasa de transferencia de calor en estado estacionarios es necesario implementar la siguiente ecuación;

$$Q_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta X} \quad [W]$$

Ecuación 3: Para encontrar la tasa de transferencia de calor en estado estacionarios

Donde k es una constante de proporcionalidad de conductividad térmica del material en unidades de W/m² · °C, Δx es el espesor del material en metros, A el área en metros y T₁-T₂ es el diferencial de temperatura del medio más caliente al más frío en kelvin. Asimismo. La ecuación (3) también puede expresarse en forma diferencial,

$$Q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad [W]$$

Ecuación 4: ley de Fourier de conducción térmica

Donde dT/dx es la razón de cambio de temperatura con respecto a la ubicación x. Esta relación expresa que la conducción de calor en una dirección es proporcional al diferencial de

temperatura en esa dirección. El signo negativo en la ecuación garantiza que la conducción en la dirección x sea positiva. (Cengel, 2007).

Esta ecuación también puede expresarse en función del flujo de calor por tiempo y área, denominado, densidad de flujo de calor cuyas unidades son J/m^2 o W/m^2

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad [w/m^2]$$

Ecuación 5: flujo de calor por tiempo y área

3.10.1.1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

La conductividad se define como una propiedad de un material de conducir calor o electricidad, cuando tienen la capacidad de conducir calor se les llama conductividad térmica y la capacidad de conducir electricidad conductividad eléctrica. La conductividad térmica (λ) es la capacidad de transferencia de energía cinética de un cuerpo a otro, su unidad en el Sistema Internacional es el $W/m \cdot K$ o $W/m \cdot ^\circ C$, equivalente a $J/m \cdot s \cdot K$, donde K es la temperatura en kelvin.

La conducción de calor se ve relacionada a la temperatura, cambio de fase de un material, su estructura, conductividad eléctrica y convección. Entre mayor sea el valor de la conductividad mejor conductor de calor será el material, entre menor, más resistente. Por ejemplo, el diamante, la plata y el cobre se consideran buenos conductores térmicos al contar con conductividades de 2,300, 429 y 401 $W/m \cdot ^\circ C$ respectivamente. (Cengel, 2007).

- La conductancia térmica; establece la medida de transferencia de energía a través materiales formados por distintas capas. Su unidad es de $W/m^2 \cdot K$ Para calcularla se toma en cuenta la conductividad del material (λ) y el espesor (e).

$$C = \frac{\lambda}{e} \quad \left[\frac{w}{m^2} \cdot k \right]$$

Ecuación 6: conductancia térmica

También se puede definir como la inversa de la resistencia térmica,

$$C = \frac{1}{R}$$

Ecuación 7: Inversa de la resistencia térmica

- Resistencia térmica; se define como la capacidad que tiene un material de oponerse al calor, siendo esta, la inversa de la conductancia. Entre mayor sea este valor, mayor resistencia al calor presenta el material.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \left[m^2 \cdot k/w \right]$$

Ecuación 8: Capacidad que tiene un material de oponerse al calor

Esta resistencia térmica por unidad de área también se le llama resistencia térmica por contacto "R_c" (Cengel, 2007).

3.10.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura.

La variación de temperatura que produce un movimiento natural en un fluido es llamada convección natural. La convección forzada se da cuando el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos, como por ejemplos; un ventilador, una bomba o el viento. La convección solo ocurre en fluidos (líquidos y gases) debido a su capacidad atómica y molecular de moverse libremente en el espacio.

A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de Newton del enfriamiento.

$$Q_{conv} = h_c \cdot A \cdot (T_s - T_f)$$

Ecuación 9: Transferencia de calor por convección

Donde h_c es el coeficiente de transferencia de calor por convección en W/m² · °C o Btu/h · ft² · °F, A es el área superficial en contacto con el fluido, T_s es la temperatura de la superficie en kelvin y T_f es la temperatura del fluido lejos de la superficie en kelvin.

3.10.3 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra. La tasa de transferencia de calor por radiación entre dos superficies se expresa (Cengel, 2007).

$$Q_{\text{emitida}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s (T_s^4 - T_{\text{alred}}^4) \text{ [W]}$$

Ecuación 10: Transferencia de calor por radiación

Donde, ε es la emisividad de la superficie (sin unidades), σ es la constante de Steffan-Boltzmann en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, A es el área de la superficie en metros y T_s es la temperatura de la superficie en kelvin.

3.11 INTERCAMBIADORES DE CALOR

Los intercambiadores de calor son aparatos que facilitan el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a temperaturas diferentes y evitan al mismo tiempo que se mezclen entre sí. En la práctica, los intercambiadores de calor son de uso común en una amplia variedad de aplicaciones, desde los sistemas domésticos de calefacción y acondicionamiento del aire hasta los procesos químicos y la producción de energía en las plantas grandes (Cengel, 2007).

Los métodos más utilizados para el diseño de intercambiadores de calor son; LMTD y NTU; ya que se consideran los métodos más prácticos y con mejores resultados.

- Método LMTD: es un método básico para el diseño de un intercambiador de calor a partir del conocimiento de las temperaturas de entrada y salida de ambos fluidos, el flujo másico de los fluidos. Para completar el diseño se requiere los parámetros de dimensionamiento como tuberías y aletas según sea el caso del tipo de intercambiador a diseñar.
- Método NTU: método que se basa en un parámetro adimensional llamado efectividad de la transferencia de calor, relaciona la razón de transferencia de calor real con

respecto a la transferencia de calor máxima posible que pueda alcanzar el intercambiador.

3.11.1 METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

Según el autor (INCROPERA, 2007) La metodología de diseño a utilizar posee 9 pasos que se describen a continuación:

1. Identificar la aplicación, y parámetros de funcionamiento como: temperaturas, flujos másicos, etc.
2. Decidir el tipo de Intercambiador a utilizar según la bibliografía.
3. Evaluar el método a utilizar: LMTD (diferencia logarítmica media), o NTU (número de transferencia de unidades).
4. Determinar las dimensiones.
5. Evaluar el coeficiente de convección en el lado caliente.
6. Evaluar el coeficiente de convección en el lado frío.
7. Determinar el coeficiente total de transferencia de calor
8. Determinar las dimensiones. Iterar si es necesario.
9. Revisar el consumo eléctrico.

Para llevar a cabo estos pasos, se necesita conocer sobre las ecuaciones de transferencia de calor que rigen cada intercambiador.

3.11.2 TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

Las distintas aplicaciones de la transferencia de calor requieren diferentes tipos de componentes y configuraciones del equipo para dicha transferencia.

3.11.2.1 INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBO DOBLE

Es el tipo más simple de intercambiador de calor consta de dos tubos concéntricos de diámetros diferentes, como se puede apreciar en la Ilustración 18, llamado intercambiador de calor de doble tubo o tubos concéntricos. En un intercambiador de este tipo uno de los fluidos pasa por el tubo más pequeño, en tanto que el otro lo hace por el espacio anular entre los dos tubos. En un intercambiador de calor de doble tubo son posibles dos tipos de disposición del flujo:

- Flujos paralelos: dos fluidos, el frío y el caliente, entran en el intercambiador por el mismo extremo y se mueven en la misma dirección.
- Contraflujo: los fluidos entran en el intercambiador por los extremos opuestos y fluyen en direcciones opuestas.

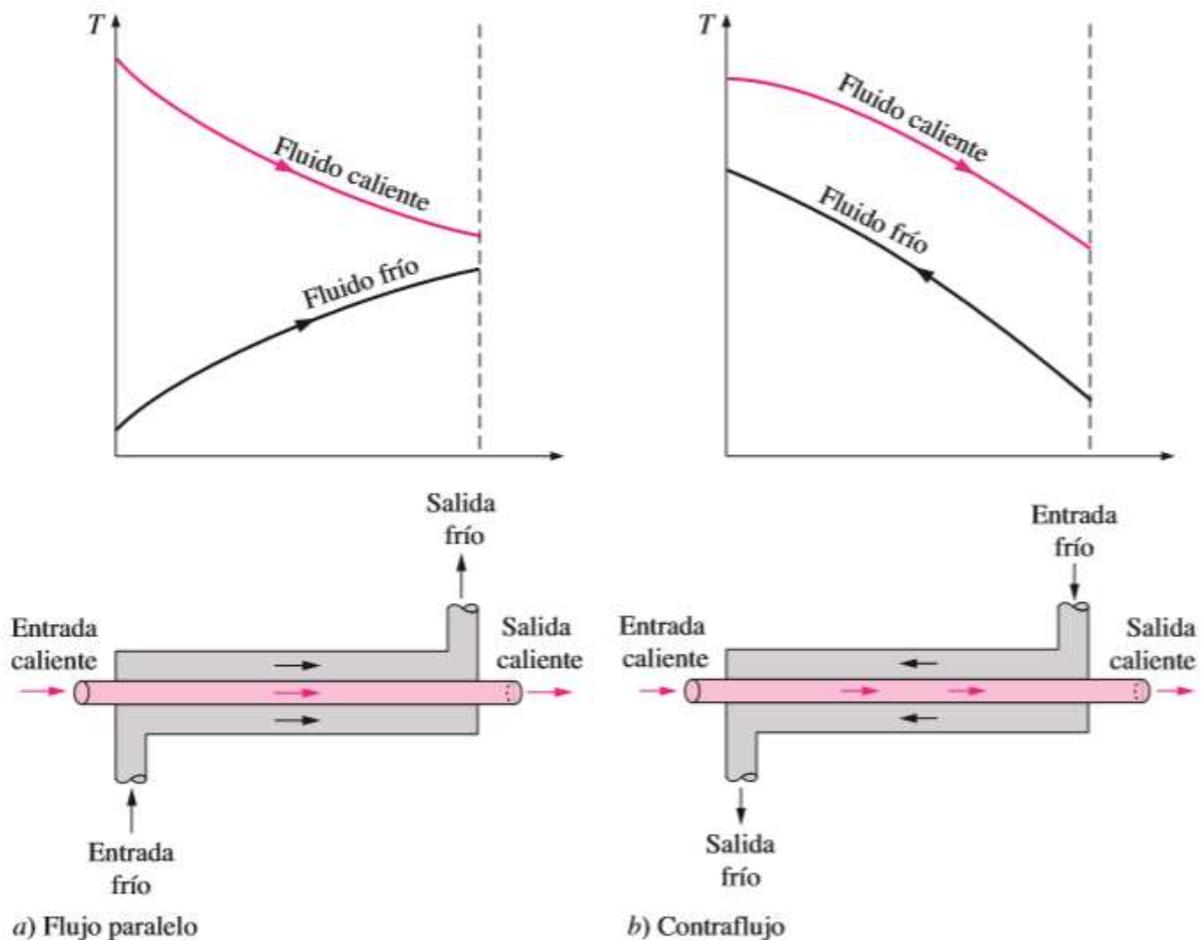


Ilustración 18: intercambiador de doble tubo

Fuente : (Cengel, 2007)

3.11.2.2 INTERCAMBIADOR DE TUBO Y CORAZA

El tipo más común de intercambiador de calor en las aplicaciones industriales es el de tubos y coraza, como se puede apreciar en la Ilustración 19. Estos intercambiadores de calor contienen un gran número de tubos (a veces varios cientos) empacados en un casco con sus ejes paralelos al de éste. La transferencia de calor tiene lugar a medida que uno de los fluidos se mueve por dentro de los tubos, en tanto que el otro se mueve por fuera de éstos, pasando por la coraza. Es común la colocación de desviadores en la coraza para forzar al fluido a

moverse en dirección transversal a dicha coraza con el fin de mejorar la transferencia de calor, y también para mantener un espaciado uniforme entre los tubos.

Según (Cengel, 2007) los intercambiadores de tubo y coraza no son adecuados para utilizarse en automóviles y aviones debido a su peso y tamaño relativamente grandes. Nótese que en un intercambiador de este tipo los tubos se abren hacia ciertas zonas grandes de flujo, llamadas cabezales, que se encuentran en ambos extremos del casco, en donde el fluido del lado de los tubos se acumula antes de entrar y salir de ellos

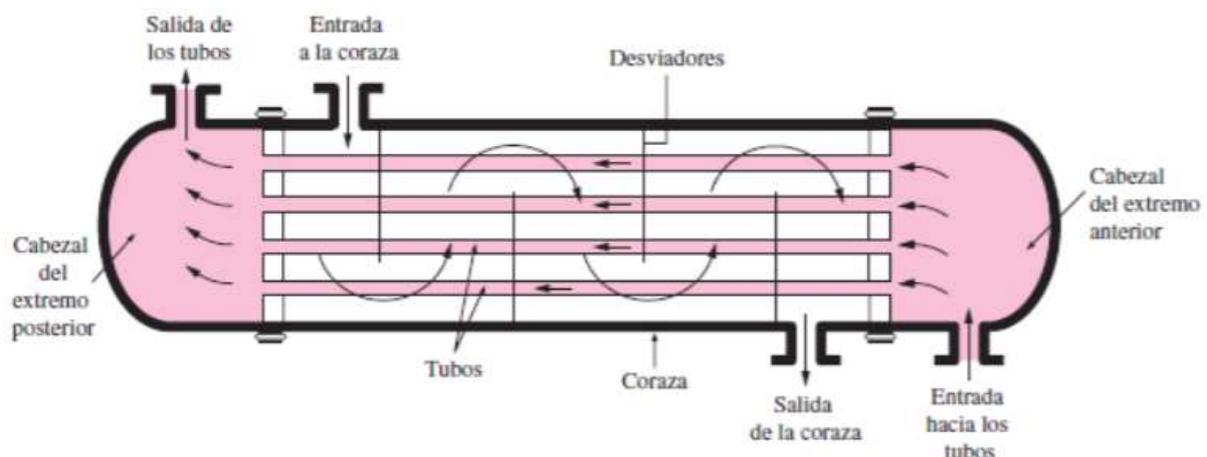


Ilustración 19: Esquema de un intercambiador de calor de coraza y tubos

Fuente: (Cengel, 2007).

3.11.2.3 INTERCAMBIADOR DE PLACAS

Un tipo innovador de intercambiador de calor que ha encontrado un amplio uso es el de placas y armazón (o sólo de placas), el cual consta de una serie de placas con pasos corrugados y aplastados para el flujo (Ilustración 19). Los fluidos caliente y frío fluyen en pasos alternados, de este modo cada corriente de fluido frío queda rodeada por dos corrientes de fluido caliente, lo que da por resultado una transferencia muy eficaz de calor. Asimismo, este tipo de intercambiadores pueden crecer al aumentar la demanda de transferencia de calor sencillamente montando más placas. Resultan muy apropiados para aplicaciones de intercambio de calor de líquido hacia líquido, siempre que las corrientes de los fluidos caliente y frío se encuentren más o menos a la misma presión.

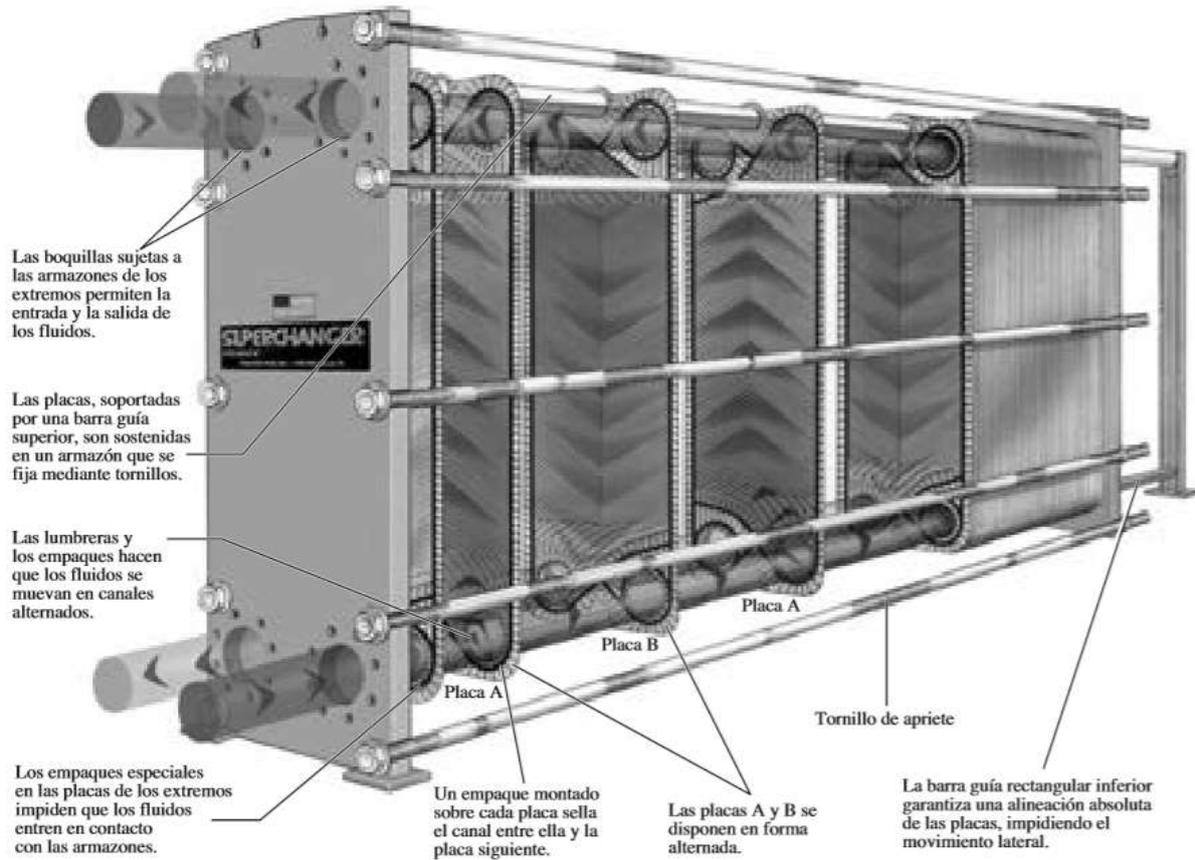


Ilustración 20: Intercambiador de placas

Fuente: (Cengel, 2007).

3.11.2.4 INTERCAMBIADOR DE CALOR COMPACTO

Es un intercambiador de calor, diseñado específicamente para lograr una gran área superficial de transferencia de calor por unidad de volumen, asimismo, estos tienen una amplia aplicación industrial, por lo general son intercambiadores de calor con densidades superficiales altas, del orden de $700\text{m}^2/\text{m}^3$. Se aclara que son intercambiadores de alta eficiencia y por lo general son diseñados para la transferencia de calor de gas-gas y gas-liquido. Además, existen una amplia gama de intercambiadores de calor compactos dependiendo de su uso y finalmente los intercambiadores compactos se caracterizan por tener un flujo cruzado entre sus fluidos de trabajo, para mejor visualización se pueden observar en la ilustración 21.

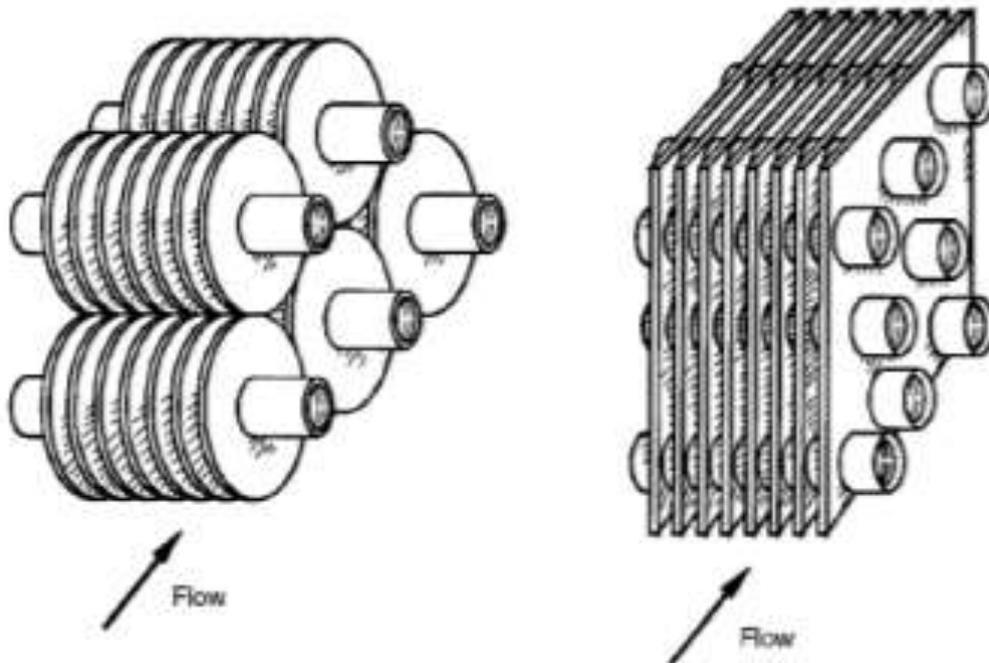


Ilustración 21: Intercambiadores de calor compactos

Fuente: (Cengel, 2007)

3.12 CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR

La lograr una mejor transferencia de calor entre dos fluidos de manera directa, es necesario seccionar el tipo correcto de intercambiador de calor, para lo cual es necesario tener encuenta una serie de conocimientos generales de si aplicación; en la industria y un conocimiento de las características fisicoquímicas del flujo de trabajo. Como a continuación las características generales de los intercambiadores de calor, véase en la tabla 5.

Tabla 5: Características de un intercambiadores.

Tipo de Intercambiador de Calor	Características Generales
Intercambiador de Calor compacto	<p>Son diseñados para aumentar la transferencia de calor.</p> <p>Su aplicación es condensación y evaporación de aire acondicionado, rayadores de motores de combustión interna y son aplicados en la industria en general.</p> <p>Son de uso común para intercambios de calor de gas-gas, liquido-gas y aire-agua.</p> <p>Se utilizan en sistemas residenciales.</p> <p>Los fluidos de trabajo no sufren contaminación.</p> <p>Se dan muchos problemas con la remoción, debido al diámetro hidráulico que son muy pequeños.</p> <p>Tiene una alta área de transferencia de calor por unidad de volumen, alrededor de $700m^2 /m^3$ y tienen un alta efectividad arriba del 80%.</p>
Intercambiador de Tubo y Coraza	<p>La efectividad es de 40% - 65%.</p> <p>Es un intercambiador pesado y grande y difícil de construir.</p> <p>Es muy utilizado en enfriamientos de aceites, i condensadores superficiales de aguas de alimentos, etc.</p> <p>Facilidad de remoción de incrustaciones por métodos mecánicos del lado interno de los tubos y fáciles de reparar.</p> <p>Se utiliza para la transferencia de calor de; liquido-liquido, liquido-fase y muy poco en liquido-gas.</p> <p>Las temperaturas de operación oscilan entre 20-500⁰C y funciona hasta una presión de 600bar=592,154 atm.</p>

**Intercambiador
de calor de
doble tubo**

Es muy fácil la remoción de las incrustaciones por métodos mecánicos del lado interno de los tubos.

Muy poca practica debido a la baja superficie para la transferencia de calor.

Se aplican en el intercambio de calor de líquido-líquido.

Temperaturas de operación oscilan entre 100-600°C.

Puede realizar el intercambio de calor en dos tipos en paralelo y contra fluido.

**Intercambiador
de Placas**

El fluido frio queda rodeado por dos fluidos calientes

Tiene límites de rendimiento específico.

90% máximo de efectividad de transferencia de calor.

Un fácil mantenimiento por incrustación.

Los intercambios de calor se dan entre líquido-líquido.

La temperatura máxima de funcionamiento y la presión están delimitadas.

No pueden manejar partículas que sean más largas que 0.5mm.

Se puede aumentar el número de placas.

Fuente: elaboración propia con datos de (Thulukkanam, 2013).

IV. METODOLOGÍA

La metodología es la aplicación de los mecanismos aplicados para el análisis de nuestra problemática de investigación. Sirviendo de guía, ya que a través de métodos, características, técnicas, procedimientos y metodologías implementadas permiten determinar los instrumentos a utilizar para la recolección de información valiosa para la investigación. El presente proyecto de tesis será una investigación de la utilización de un fluido geotérmico de baja entalpía como fuente térmica en el proceso de cocción de la panela en el municipio de San José de Comayagua.

4.1 ENFOQUE

El enfoque Mixto, es una representación de un conjunto de procedimientos sistemáticos, empíricos y críticos implementados en la investigación para la recolección y análisis de los datos cualitativos y cuantitativos, así como su integración y discusión conjunta para realizar inferencias producto de toda la información obtenida y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández, 2008).

De la misma manera se determina que el estudio de dicha investigación es mixto ya que presenta una toma de datos cuantitativos y cualitativos, que serán de mucha importancia ya que se analizarán para evaluar las condiciones en las que se encuentra las fábricas paneleras del Municipio de San José de Comayagua y posteriormente dar una solución a los problemas encontrados.

Asimismo, se estableció el enfoque de la investigación y se deduce que la presente investigación es de tipo experimental, permitiendo el control total de las variables utilizadas e identificando las relaciones entre estas, para ello se determinan las variantes de estudio, buscando los efectos que causan en otras variables, además hace uso de grupos experimentales.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

En el siguiente apartado, se presentan las variables de estudio para la presente investigación, Estas se definen en variables independientes y dependientes. El cuadro de variables muestra en resumen los puntos clave del proyecto como ser; el problema que me inspiro a realizar la investigación, objetivo general, objetivos específicos, preguntas de investigación y final mente se definen las variables. Véase en la tabla

Tabla 6: cuadro de variables

“Estudio de caso: Analizar la capacidad geotérmica, como alternativa de recurso energético primario en el proceso de cocción de la panela en el Municipio de San José de Comayagua”					
Título					
Problema	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específicos	Variabes Independiente	Variabes Dependientes
<p>¿Cuál es el método de cocción adecuado para la fabricación de la panela, mediante la utilización de la energía geotérmica?</p>	<p>Evaluar el recurso geotermal del Municipio de San José Comayagua para la utilización directa de la geotermia de media entalpía, como alternativa en el proceso de cocción en las fábricas de panela.</p>	<p>1) ¿Contará con las temperaturas requeridas el recurso geotérmico del municipio de San José de Comayagua?</p> <p>2) ¿Será factible la implementación de la geotérmica en el proceso de fabricación de la panela?</p> <p>3) ¿Se logrará superar la producción actual con el nuevo proceso de fabricación de la panela?</p> <p>4) ¿Cuántas emisiones de CO₂ se lograrán reducir con la implementación de la geotérmica en el proceso de producción de la panela?</p>	<p>1) Evaluar si el uso de la energía geotérmica de baja entalpía, es factible en el proceso de fabricación de la panela.</p> <p>2) Determinar los daños causados por la utilización de llantas y leñas, en producción de la panela.</p> <p>3) Mostrar cuantas emisiones de CO₂ se van a dejar de emitir a la atmósfera con la utilización de la geotermia de baja entalpía.</p>	<p>1) Profundidad del pozo.</p> <p>2) Conductividad térmica.</p> <p>3) Temperatura presentes en el recurso Geotérmico.</p> <p>4) Distancia.</p> <p>5) Proceso a realizar la cocción de la panela</p>	<p>El nivel de capacidad geotérmica</p>

Fuente: Elaboración propia (2020)

La utilización de un fluido geotérmico de baja entalpía como fuente térmica en el proceso de cocción de la panela en el municipio de San José de Comayagua. Para las cuales se definen la variable dependiente que se tendrá y las variables independientes son aquellas variables que afectan directamente a la implementación de la energía geotérmica en el proceso panelero. Véase la ilustración 22.



Ilustración 22: Diagrama de las variables de investigación

Fuente: Elaboración propia (2020)

4.3 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

En lo que se refiere a la hipótesis de investigación es la predicción sobre los resultados del proyecto de investigación. Por lo antes mencionado, por lo cual se ha propuesto la siguiente hipótesis de investigación.

H_i : Si la evaluación del recurso geotermal del Municipio de San José de Comayagua, iguala o disminuye los tiempos de cocción de la panela de 63min por cocimiento.

H_o : si la evaluación del recurso geotérmico del Municipio de San José de Comayagua, no iguala ni disminuye los tiempos de cocción de la de la panela de 63min por cocimiento.

4.4 TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS APLICADOS

Las técnicas e instrumentos utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación, tienen como objetivo hacer efectiva la evaluación de los resultados y adquisición de datos indispensables en la utilización de un fluido geotermia de Baja entalpia en el proceso de cocción de la panela.

La indagación fue un pilar fundamental en el desarrollo del presente proyecto, debido a que se utilizaron fuentes de recursos confiables, tales como ser, libros, documentos de revistas, tesis universitarias, entrevistas, encuestas, visitas de campo, etc.

4.4.1 PROGRAMAS Y SOFTWARES

Estas son herramientas que fueron utilizadas; para la geolocalización del yacimiento geotérmico y fábricas paneleras, como ser; google maps y google Earth. Asimismo, se utilizó un software Engineering Equation Solver, abreviado (EES). que es utilizado para calcular las propiedades termodinámicas de un recurso geotérmicos.

4.4.1.1 GOOGLE MAPS

Google Maps, es un servicio gratuito de Google de mapas a través de la Web. Que nos permite ver imágenes de mapas desplazables, así como fotos de ciudades, e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones con especificación del detalle del recorrido.



Ilustración 23: Google Maps

Fuente: Google imágenes.

4.4.1.2 GOOGLE EARTH

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.



Ilustración 24: Google Earth

Fuente: google, imágenes

4.4.1.3 SOFTWARE ENGINEERING EQUATION SOLVER (EES)

El software (EES), es un programa que calcula la solución de un conjunto de ecuaciones algebraicas, también se pueden realizar simulaciones de proceso.

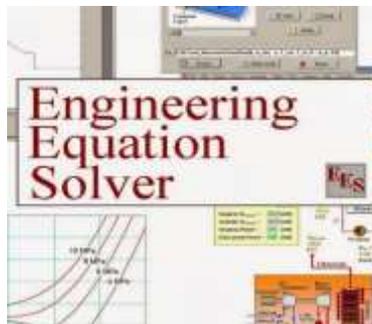


Ilustración 25: software Engineering Equation solver (EES)

Fuente: Google, imágenes

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

El objetivo de este apartado es demostrar el total de fábricas paneleras que se encuentran en el Municipio de San José de Comayagua, con la finalidad de obtener sus características observables en un lugar y en un momento determinado.

Según (Dominguez , 2020), el Municipio de San José de Comayagua hay un total de 38 fábricas paneleras que se encuentran distribuidas en todo el territorio de este Municipio. de las cuales

se encuentran 13, ubicación muy cerca con respecto al recuso geotérmico. Véase en Anexos 4 georreferencia.

De la misma manera se tomaron una fábrica panelera como muestra, véase en la ilustración 26, De las cuales se obtuvo información valiosa, Anexo 11 al 15. Que servirá, para el análisis de la implementación de la geotérmica en el proceso de cocción de la panela. Dichas fábricas paneleras se encuentran ubicadas dentro del casco urbano del municipio de San José de Comayagua, sus propietarios son; Juan Carlos Mancía.

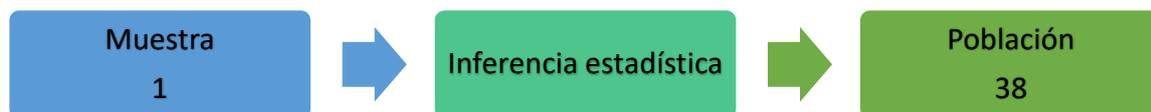


Ilustración 26: Total de Fábricas paneleras

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos por Entrevista realizada a (Dominguez , 2020)

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En este apartado nos enfocaremos en los métodos de estudio, para abordar la problemática que anteriormente se presentó. Para así, estudiar la utilización de la Fluido geotérmico en el proceso de cocción de la panela. En la que me centrare en las etapas en la extracción del recurso termal, y en el intercambio de calor.

4.6.1 TRABAJO DE CAMPO

El objetivo de estas actividades es la obtención de información, datos y Características valiosas para la realización de esta investigación.

4.6.1.1 GIRAS DE CAMPO

Se basa en un recorrido en el cual se observará y tomaran datos de todo lo que se observe en las diferentes etapas que conlleva la fabricación panelera y las condiciones en que estas se encuentran, para así poder proceder con la elaboración del diagnóstico del proceso de fabricación, en dichas Fábricas. Véase en anexo 11 al 15 y 19.

4.6.1.2 APLICACIÓN DE ENCUESTAS

La aplicación de encuestas se realizará a las autoridades municipales Y propietarios de las fábricas paneleras del Municipio de San José de Comayagua, para conocer las condiciones en

que se está realizando el proceso de elaboración de panela. Se tomarán en cuenta opiniones que tiene ellos en cuanto a los métodos utilizados en la fabricación de la panela y como estos afectan a la calidad de la panela; que se ofrece al mercado. Que posibles soluciones o recomendaciones pueden ofrecer Productores para mejorar el proceso de fabricación de panela. Véase en anexos 16.

Para saber el número de encuestas a aplicar se utilizará la fórmula para cálculo de la muestra para poblaciones finitas. (Herrera Casteñanos, 2011)

Si la población es finita, es decir conocemos el total de la población y deseásemos saber cuántos del total tendremos que estudiar la fórmula sería:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * P * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * P * q}$$

Ecuación 11: cálculo de la muestra para poblaciones finitas

Donde:

- ✓ N = Total de la población
- ✓ Z_{α} = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- ✓ p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- ✓ q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
- ✓ d = precisión (en su investigación use un 5%).

4.6.2 EVALUACIÓN DE RECURSO

Para la evolución del recurso geotermal, se indago un estudio geológico realizado en el recurso termal de los Municipios de San José de Comayagua y San Pedro de Zacapa, dicho estudio fue realizada por; por un equipo conjunto del laboratorio nacional de Los Álamos, Empresa Nacional Energía Eléctrica (ENEE) y la Universidad Tecnológica de Tennessee.

4.6.2.1 SOFTWARE: ENGINEERING EQUATION SOLVER (EES)

EES es un programa con el que se resuelven numéricamente sistemas de ecuaciones algebraicas o diferenciales, lineales o no lineales. Cuenta con una gran biblioteca de funciones

de propiedades termofísicas, así como de funciones matemáticas, y permite al usuario suministrar datos adicionales de propiedades.

Mediante el software se calcularán las propiedades termodinámicas del recurso geotérmico, véase en la ilustración 27. Asimismo, nos dará los parámetros necesarios para que se dé el intercambio de calor mediante la transferencia convección.

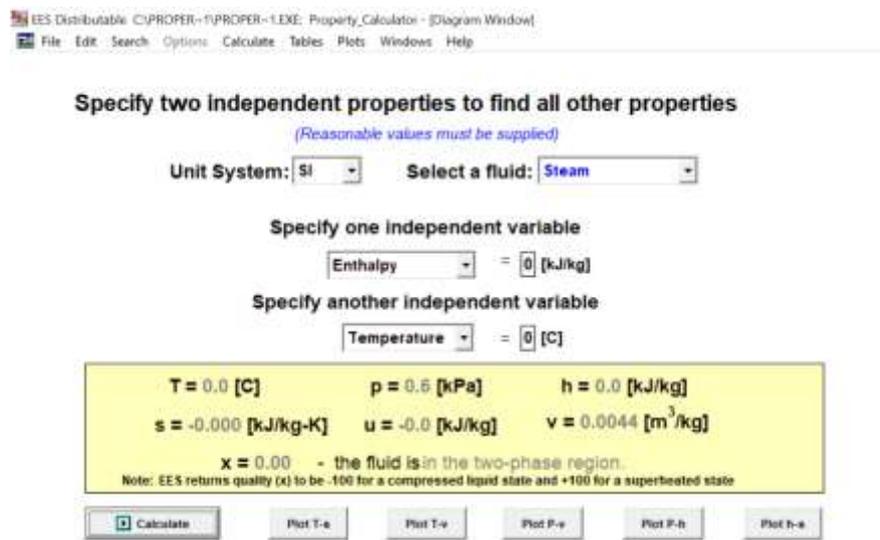


Ilustración 27: software: engineering equation solver (EES)

4.6.3 TRANSFERENCIA DE CALOR

Para determinar la cantidad de energía que tenemos que añadir al caldo para aumentar la temperatura de 0°C hasta 124⁰. se utilizó la ecuación 12; de cambios de estados de calor latente. tomando como rangos de temperaturas del jugo de caña o caldo de 0 a 25 °C.

$$Q = m \cdot C_c(T_a - T_b)$$

Ecuación 12: Cambio de estado de la materia

Donde:

- ✓ Q = cantidad de calor
- ✓ m = masa
- ✓ C_c = calor específico
- ✓ T_a = temperatura inicial
- ✓ T_b = temperatura final

La ecuación 13 conducción de calor de Fourier. Determina la cantidad de energía cedida o absorbida por un fluido; por una diferencial de temperatura entre los dos fluidos. Esta ecuación se despeja para tiempo (T), para obtener la cantidad de tiempo que le va tardar al fluido geotérmico elevar el caldo a la temperatura de cocción de la panela (124⁰C).

$$\frac{Q}{T} = K \cdot A \cdot \left(\frac{T_a - T_b}{L} \right)$$

Ecuación 13: La ley de Fourier de la conducción de calor

Donde:

- ✓ Q/T= es el flujo de calor
- ✓ K= coeficiente de conductividad del material
- ✓ A= área
- ✓ (Ta - Tb) = la diferencia de las temperaturas
- ✓ L= longitud

4.7 LIMITANTES DE ESTUDIO

El objetivo de este apartado es dar a conocer las limitaciones que se presentaron durante la realización de la investigación, estas fueron; la realización aforos en el recuso geotérmico, toma de temperaturas en el proceso de cocción de la panela y en el recurso termal, visita al ingenio azucarero, disponibilidad por parte de los productores, entre otras.

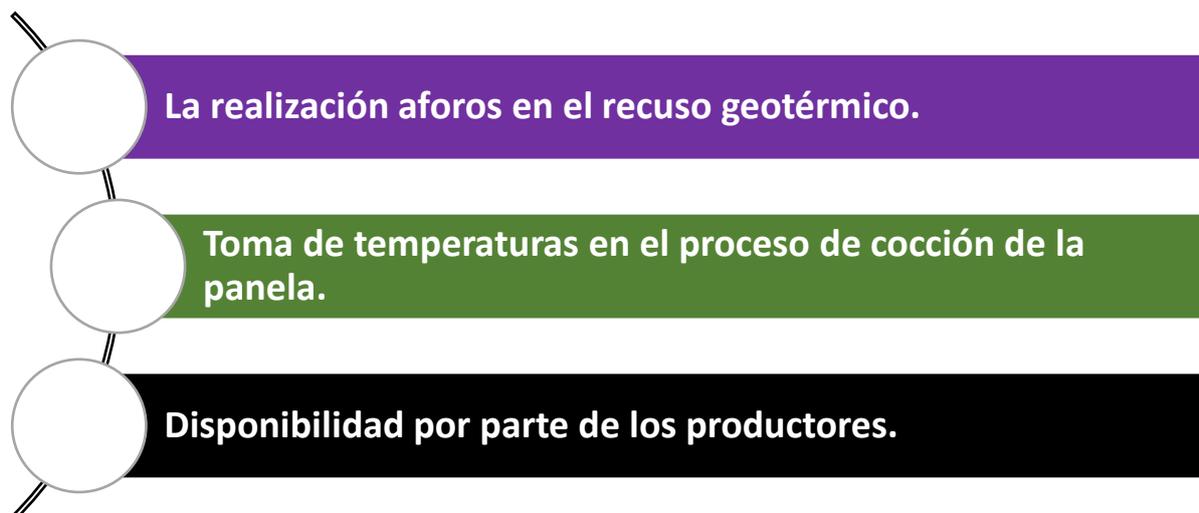


Ilustración 28: Limitantes de estudio.

Fuente: Elaboración Propia (2020)

4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tomando en cuenta un periodo para realizar el proyecto de investigación de 12 semanas. Se realizó un cronograma iniciando en la semana 1 y 2 con una toma de datos de campo y realización de encuestas, seguido de haciendo una revisión y recopilación de información relacionada nuestro proyecto, dando paso a las semanas se le iba dando forma al informe realizando un buen marco teórico, metodología y un paper científico, finalizándolo con una presentación final del proyecto de investigación.



Ilustración 29: cronograma de Actividades.

Fuente: Elaboración propia (2020)

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El objetivo de esta apartada es la validación del proyecto de investigación a través de los distintos métodos planteados en este proceso de fabricación de panela.

5.1 RESULTADOS DE TOMA DE DATOS DE CAMPO

En la toma de datos de campo se obtuvieron datos del proceso de cocción de la panela. En la fábrica panelera del señor; Juan Calos Mancia, ubicada a 1km del municipio de San José de Comayagua, Honduras. Donde la elaboración de la panela seda en establecimientos artesanales llamadas fábricas paneleras o galeras. Ver resultados del trabajo de campo en los anexos del 11 al 15.

En una fábrica panelera la etapa de cocción o clarificación constituye la más importante del proceso de elaboración de la panela. Debido al requerimiento de mano de obra calificada con experiencia, ya que para determinar el punto de cocción de la panela. Lo determinan empleando métodos organolépticos para determinar la sobre saturación de la masa o miel.

En la tabla 7; podemos apreciar los tiempos requeridos para que se dé, la sobresaturación de la panela. Donde los tiempos promedios: de cocción de la panela, enfriamiento de la miel y moldeo son de 62.54min, 8.8min y 35min respectivamente. Estos tiempos son necesarios para producir un cocimiento de panela que equivale a 60.101 kg de panela. En promedio en una galera o fábrica panelera, de este municipio se producen 6 cargas de panela, que es equivalente a 544.311 kg de panela por día.

El tiempo de cocción de la panela; depende de la cantidad de combustible suministrado en la cámara de combustión o horno, porque al aumentar la cantidad de combustible suministrado; aumenta la evaporación del agua presente en el caldo logrando así disminuir el tiempo de sobresaturación de la masa.

Las cantidades de combustibles suministrados en la cámara de combustión o horno, en una fábrica panelera va depender de la cantidad de cargas de panelas que produzcan en un día. Las fábricas paneleras están produciendo en promedio de 6 cargas de panela diarias en este municipio. Para esta producción las cantidades de combustibles necesarias son las siguientes; 851.846kg de bagazo, 280kg de leña. Para temporadas de verano.

Tabla 7: Características del proceso de elaboración de la panela..

Actividad	Resultado
Tiempo promedio de cocción de la panela.	63 (min)
Tiempo promedio de enfriamiento de la miel.	8.8 (min)
Tiempo promedio en los moldes.	35 (min)
Cantidad promedia de panela producida por cocimiento .	60.101 kg/ cocimiento

Fuente: Elaboración propia (2020) con datos obtenidos en visitas de campo.

5.2 RESULTADOS DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS

Con la realización de encuesta se pudieron obtener; cuáles son sus principales fuentes de combustible utilizadas en el proceso de cocción de la panela, véase en la ilustración 30. Asimismo, se pudo corroborar que uno de los factores que influye a que los productores de este rubro; se decidan a utilizar llantas y leña. Es debido a que el bagazo no presenta las condiciones necesarias para ser utilizado, después de ser extraído el jugo de la caña en la etapa de la molienda. Dado a que el bagazo después de pasar por este proceso presenta un grado de humedad muy alto, Teniendo que pasar por un proceso de secado antes ser utilizado como combustible en la cámara de combustión o horno.

El tiempo de secado del bagazo; de pende, de la temperatura ambiente en que se encuentre expuso el bagazo. El tiempo promedio del secado del bagazo es de 4 a 5 horas, En algunas épocas del año, específicamente en verano donde la temperatura del clima es muy alta con respecto a las otras estaciones del año. Es por esta razón que el porcentaje de utilización es muy menor, en relación a las llantas y leña. Pero a su vez el bagazo no puede ser sustituido totalmente en las fábricas paneleras ya que el personal que labora en la cocción de la panela lo utilizan para determinar el punto de saturación de la masa. Es decir, cuando está listo el cocimiento para salir de la etapa de cocción y pasar a la etapa de enfriamiento en la canoa. Ver encuesta realizada en anexos en anexo 16.

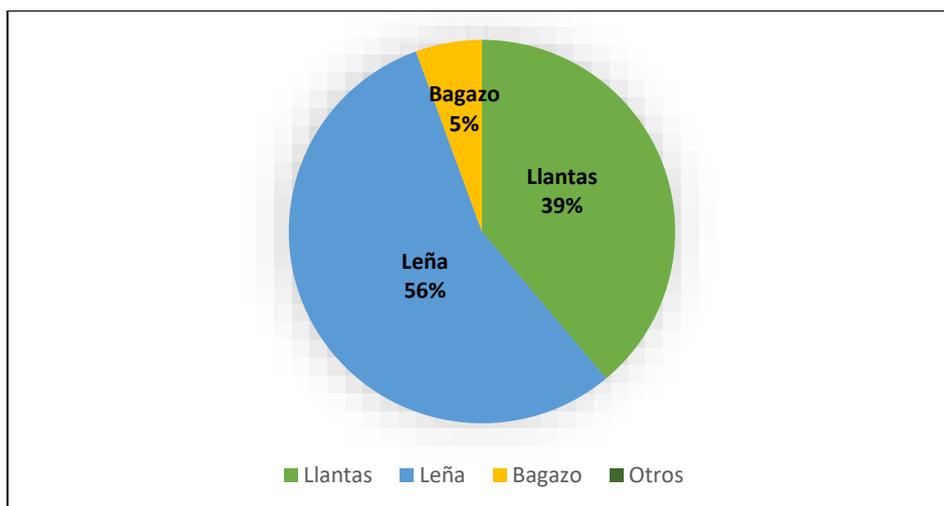


Ilustración 30: principales fuentes utilizadas en el proceso de la cocción de la panela.

Fuente: elaboración propia (2020) con datos obtenidos en las encuestas aplicadas.

5.3 REGISTRO DE TEMPERATURAS

Las temperaturas presentes en los procesos de cocción de la panela, varían de acuerdo a la etapa en que se encuentre el caldo o miel en el proceso de clarificación o cocción de la panela. Estas temperaturas se determinaron mediante un análisis de diferentes fuentes confiables.

En las fábricas paneleras. A continuación, se detallará las temperaturas presentes en la etapa de cocción de la panela. Que esta a su vez depende de la etapa en que se encuentre el caldo o la miel. Si se encuentra en la caldera la temperatura es de 90°C y si se encuentra en la mielera y puntera la temperatura varía entre 120 a 125°C. La ilustración 31 muestra un resumen de las temperaturas presentes por etapa.

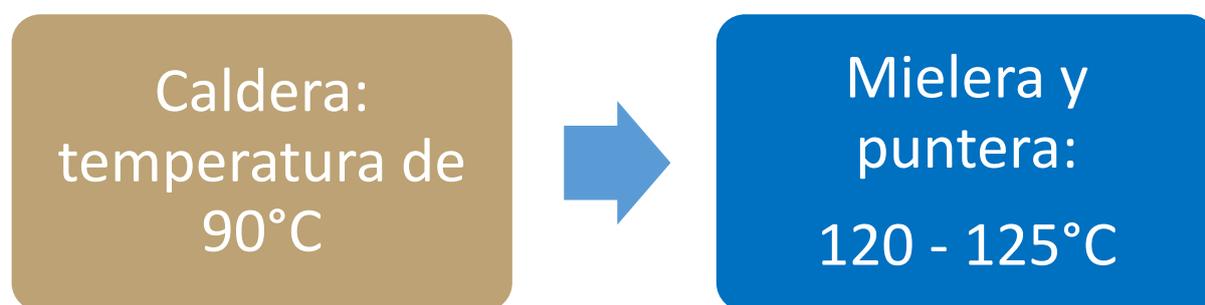


Ilustración 31: Temperaturas de procesos de cocción de la panela

Fuente: elaboración propia (2020) con datos de (Arias-Giraldo et al., 2016).

5.3.1 EMISIONES DE CO₂ EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PANELA

La creciente demanda de este alimento nutritivo y las condiciones desfavorables en algunas estaciones del año en el país, trae como consecuencia una mayor exigencia de producción, obligando a los productores de este rubro a utilizar; leñas, llantas. Para satisfacer la demanda requerida por los consumidores y comercializadores. Como se observó en la ilustración 30, las principales fuentes de combustibles, utilizadas en el proceso de clarificación o cocción de la panela en el municipio de San José de Comayagua.

La cámara de combustión o horno, es la que mayores emisiones de CO₂, provoca en fábrica panelera. Debido a que, se suministra como combustible las llantas, leña y bagazo. Para obtener las temperaturas requeridas en proceso de cocción de la panela

Al utilizar bagazo y leña como combustible en el horno estamos generando 0.272045584Kg/m³ de CO₂, por kilogramo de panela (González, 2015). Una fábrica paneleras o galera del municipio de San José de Comayagua, están produciendo alrededor de 544.31088 a 725.74784kg de panela por día, que es equivalente a producir 2,000.807629 y 2,667.743505Kg/m³ de CO₂ por día en una fábrica panelera, utilizando leña y bagazo. Asimismo, están quemando de 20 - 25 l cuando las condiciones climatológicas afectan al secado del bagazo. La tabla 8. Nos muestra cuantas emisiones de CO₂ provoca cada tipo de combustibles utilizado en la cámara de combustión o horno en las fábricas paneleras del municipio de San José de Comayagua.

Tabla 8: Emisiones de CO₂ por tipo de combustible utilizado en la cámara de combustión.

Production [Kg]	Tipo de combustible	Emisiones de CO₂ [kg/m³]
544.31088	Leña y Bagazo	2,000.807629
725.74784	Leña, Bagazo y llantas	7,413.743505

Fuente: Elaboración propia con datos de (González, 2015)

Si una fábrica panelera de este municipio tiene una producción aproximada de 146963.94kg de planea en el año, las emisiones de CO₂ son aproximadamente de 595.4884ton/m³ en el año, utilizando bagazo y leña. Utilizando llantas, leña y bagazo la fábrica panelera emite aproximadamente 2206.50ton/m³ en el año.

5.4 REGISTRO DE TEMPERATURA EN RECURSO TERMAL

El recurso geotérmico del municipio de San José de Comayagua, según estudio realizado por Universidad Tecnológica de Tennessee USA. Afirma que este recurso termal cuenta con 16 pozos; de los cuales sus cateréticas varían de acuerdo a su ubicación geográfica. las temperaturas presentes en los pozos van desde 8 °C hasta 64 °C, véase en la ilustración 32.

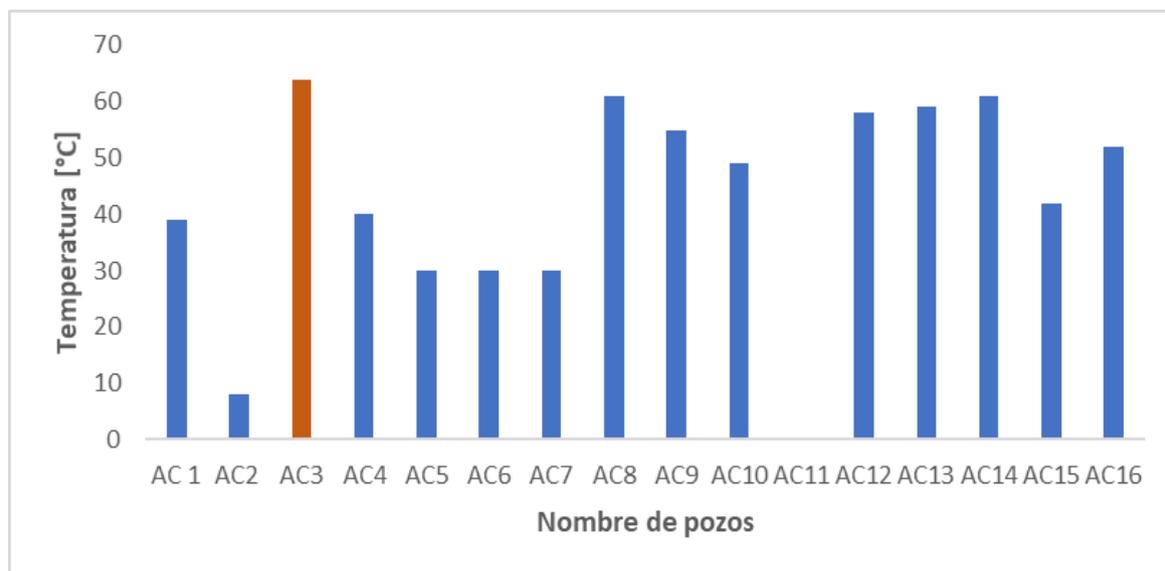


Ilustración 32: Comparación de las temperaturas de los pozos

Fuente: Elaboración Propia, con datos del estudio realizado; Universidad Tecnológica de Tennessee USA

El pozo AC3; presenta la temperatura más alta; con 64^oC. asimismo presenta las siguientes características; un caudal de 30 [l/min] y una salida térmica de 134.4 [kW]. Estas características mencionadas las encontramos a nivel de la superficie y su ubicación es muy beneficios, en comparación a los demás. Dado a que se encuentra en un área muy pareja, sin rocas y lo más importante que se encuentra en las propiedades de la municipalidad de este municipio, véase en anexos 17.

Ya conociendo la temperatura a la que se encuentra el pozo AC3 y el nivel de profundidad que la encontramos. Se realizó un análisis de aumento de temperatura vs la profundidad del pozo antes mencionado. Dado que; el aumento de la temperatura depende de la profundidad del pozo, Si quisiéramos aumentar la temperatura a las temperaturas requeridas en el proceso de cocción de la panela. Tendríamos realizar una perforar aproximadamente de 243.84 metros de profundidad para encontrar la temperatura de 124^oC. la ilustración 33 nos muestra cómo

va aumentado la temperatura vs la profundidad. Este análisis se realizó con datos de un estudio del sitio geotérmico de geoplatanares como se puede ver en anexos 18.

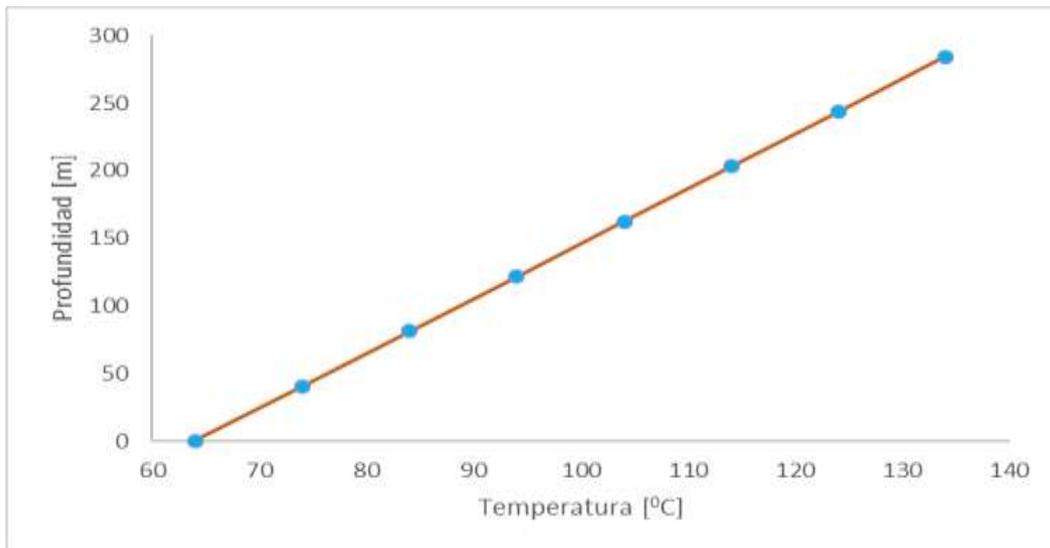


Ilustración 33: Perfil de temperatura para pozos AC3 en el recurso geotérmico de San José de Comayagua.

Fuente: elaboración propia, con datos (Fercho, et al., Exploration and Development of the Platanares, Honduras Geothermal System, 2017)

5.4.1 ESTUDIO DE PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE POZO AC3

La tabla 9, muestra las propiedades termodinámicas del pozo AC3, estas propiedades dependen de la temperatura de pozo a la cual se encuentre y el tipo de fluido utilizado. Para este estudio de caso; la temperatura del pozo es de 64°C y el tipo de fluido utilizado es agua saturada. La temperatura de este pozo la encontramos a nivel superficial de la corteza terrestre. Dado a lo antes mencionado este pozo presenta un comportamiento entre variables que se pueden observar en los anexos 6 al 10.

Tabla 9: propiedades termodinámicas

Variable	Símbolo	Unidades	Resultados
Entalpía	h	[kJ/kg]	2,616.0
Temperatura	T	[0C]	64
Presión saturada	p	[kPa]	22.6
Entropía vapor saturado	s	[KJ/kg – k]	7.871
Volumen específico	v	[M3/kg]	6.8330
Entalpía	u	[KJ/kg]	2,462.3

Fuente: elaboración propia con datos de software (EEI)

5.4.1.1 RESULTADOS DE CAMBIO DE ESTADO DEL CALDO

Para determinar el calor requerido, para producir un cocimiento de panela en un fábrica panelera o galera. Se realizó mediante la fórmula de cambio de estado de la materia. Se tomaron rangos de temperaturas ambiente del jugo de caña de 0 – 25 °C, que estas temperaturas van a variar dependiendo la estación de año en que se encuentre en funcionamiento la fábrica panelera. Cabe mencionar que algunas de estas fábricas se encuentran en operación en casi todo el año.

El calor necesario para producir un cocimiento de panela promedio en una fábrica panelera, que equivale a un peso de 56.696 kg. Requiere un calor de 34,538.08kcal por cocimiento. La ilustración 34, muestra la cantidad de calor necesario dependiendo del rango de temperatura que el caldo presente, cuando este llega a la Cámara de combustión o horno para ser procesado en las distintas etapas de cocción de la panela. Estos cálculos se realizaron mediante la ecuación 12.

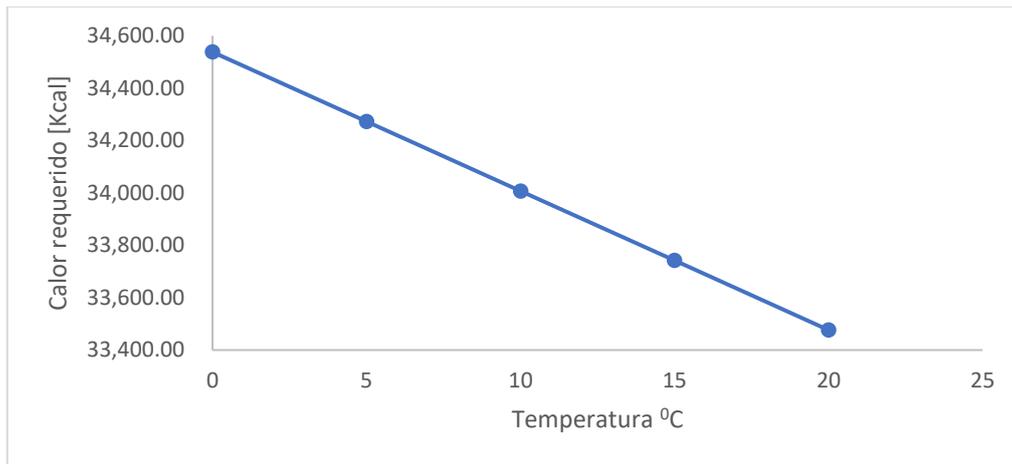


Ilustración 34: : Cantidad de calor suministrado para elevar la temperatura a 124⁰C

Fuente: Elaboración propia (2020)

5.4.1.2 TIEMPO DE COCCIÓN DE LA PANELA CON EL FLUIDO GEOTÉRMICO

Actualmente en el proceso de cocción de la panela, con la utilización de llantas, leña y bagazo como fuentes generadoras de calor en la cámara de combustión o horno, tiene un tiempo promedio de cocción de la panela de 63min por cocimiento.

Este tiempo es el necesario para que el caldo cambie de esta a una masa sobresaturada (miel), esta masa presenta una temperatura de 124⁰C en su proceso de cocción antes de ser pasada a la otra etapa de enfriamiento en la canoa.

Con la implantación de un fluido geotérmico en proceso de cocción de la panela; el tiempo de cocción de este producto disminuiría de 63min a 56min teniendo una diferencia de tiempo de 7 minuto, a favor del de la utilización del fluido geotérmico ente proceso, Estos cálculos se realizaron mediante la ecuación 13.

Dado a que tenemos una disminución del tiempo de cocción del panel mediante el uso de la geotermia se determina el siguiente análisis de beneficios para los productores de este rubro, véase tabla 10. Como se puede observar en esta tabla, la producción de planea puede aumentar debido a que se disminuyendo una hora de trabo al día con el fluido termal. Asimismo, los costos de producción disminuyen por que los productores de panela ya no estarían comprando llantas ni leña para el proceso de cocción de la panela. De la misma manera disminuiría un empleado en la fábrica, porque la persona que se encarga de asolear el bagazo ya no lo aria porque este recurso no se utilizaría ya.

Teniendo como una de las principales características la de energía geotérmica en ser energía firme, podríamos aumentar la producción en las fábricas paneleras. Dado a que podríamos extender las jornadas de trabajo, de la misma manera amentaría el número de empleado porque podíamos extender la producción a 23 horas de trabajo por día, teniendo dos turnos de trabajo. Asimismo, aumentaría la producción de 624.88kg a 1481 kg de panela producidas en un día.

Tabla 10: Comparación de costos de precisión.

Tipo de recurso utilizado en el proceso de cocción de la panela	Tiempo de cocción de la panela [min]	Horas de trabajos [h]	Productividad de cargas de panela [unidad]	Costo de producción [L]
Llantas, leña y bagazo	63	8	7	2745
Recurso geotérmico	56	7	7	1510

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de trabaos de campo.

VI. CONCLUSIONES

Esta investigación analiza la implementación de un fluido geotérmico en el proceso de cocción de la panela, en las fábricas paneleras o galeras del municipio de San José de Comayagua, Honduras. Las temperaturas registradas fueron utilizadas en un análisis de transferencia de calor por conducción mediante las fórmulas de; Cambio de estado de la materia y la ley de Fourier de la conducción de calor. El análisis reveló las conclusiones a continuación.

1. Se rechaza la hipótesis nula, debido a que la implementación del fluido geotérmico logra disminuir 7min el tiempo de producción de la panela
2. Con la utilización de la energía geotérmica en proceso de cocción de la panela, al ser este un recurso renovable y amigable con el medio ambiente que no emite emisiones de CO₂ al medio ambiente. Se dejarán de emitir 0.272045584 Kg/m³ de CO₂ por kilogramo de panela producido; utilizando leña y bagazo. Así mismo se dejarán de quemar de 20 – 25 llantas diarias que equivale a 13,560 – 16,950kg/m³ de CO₂ respectivamente, que se dejarán de emitir al ala atmosfera
3. Se logró determinar que es factible el uso directo del recurso geotérmico de baja entalpía en el proceso de cocción de la panela.
4. Se disminuirán costos de producción, porque los productores ya no estarían comprando leña ni llantas, para utilizarlos como combustibles en la cámara de combustión o horno. Asimismo, aumentarían los ingresos por que el bagazo puede ser vendido a industrias.
5. En el municipio de San José de Comayagua existe un recurso geotérmico, siendo este una oportunidad para el desarrollo de tecnologías que funcionen con este recurso y una oportunidad para disminuir significativamente los impactos ambientales negativos producidas por las fábricas paneleras. Ya que, en este municipio existen una industria grande de panela, y su producción como procesamiento se encuentra cerca de la zona de actividad geotérmica.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación de un fluido termal en proceso de cocción de la panela para aumentar la producción de panela.
2. Se sugiere la implementación de la energía geotérmica como una alternativa para disminuir las contaminaciones emitidas por las fábricas paneleras.
3. Se recomienda el uso directo del recurso geotérmico de baja entalpia, en procesos de cocción de la panela
4. Enfocados en el análisis social, se recomienda presentarlo esta propuesta como compromiso social. A empresa que pretenden implementar una planta geotérmica en un recurso termal.
5. En el caso de san José de Comayagua, se sugiere crear una cooperativa de todos los productores de panela.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Herrera Casteñanos, M. (2011). *FORMULA PARA CALCULO DE LA MUESTRA POBLACIONES FINITAS*. Obtenido de FORMULA PARA CALCULO DE LA MUESTRA POBLACIONES FINITAS: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>
- Bernal, J. (2010). *Estandarizacion de la Etapa de Cocimiento en el proceso de Elaboración de la panela en bloque en una industria Azucarera*. Obtenido de file:///C:/Users/Angel%20Urbina/Downloads/tesis.pdf
- Carrasco , F., & Márquez, D. (16 de Marzo de 2015). *LA ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67173/C%3%a1rcel%3bDavid%20Mart%3%adnez%20M%3%a1rquez%20%20Geothermal%20energy%20of%20low%20enthalpy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrasco, F., & Marques , D. (2015). *La energía geotérmica de baja entalpía*, 105. doi:10.17993/3ctec.2015.v4n3e15.96-108
- Cengel, Y. (2007). *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA*. Virginia, U.S.A.
- corantioquia. (2002). *Proceso tecnológico productivo de la panela*. Obtenido de <http://www.CORANTIOQUIA.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Images/MenuSuperiorArchivos/GUIATECNICA.pdf>
- Córdova, O. (2014). *FUENTES RENOVABLES Y GENERACION DE ENERGIA LIMPIA SU REGULACION EN HONDURAS*. 15. Obtenido de file:///C:/Users/Angel%20Urbina/Downloads/1785-Texto%20del%20art%C3%ADculo-6396-1-10-20150130.pdf
- Dominguez , S. (20 de Mayo de 2020). *Proceso panelero*. (A. Urbina , Entrevistador)
- ENBRIDGE*. (2020). Obtenido de <https://www.enbridge.com/energy-matters/energy-school/geothermal>
- Fanelli, M., & Dickson, M. (s.f.). *¿Qué es la Energía Geotérmica?* Obtenido de file:///C:/Users/Angel%20Urbina/Downloads/812fe7d1_d505_4825_9db3_8438d78a406c.PDF

- Fercho, Perkin, Owens, Porras, Spielman, Rhodes, . . . Walsh . (2017). *Exploration and Development of the Platanares, Honduras Geothermal System*.
- Fercho, Perkin, Owens, Porras, Spielman, Rhodes, . . . Walsh. (Febrero de 13- 15 de 2017). *Exploration and Development of the Platanares, Honduras Geothermal System*.
Obtenido de [file:///C:/Users/Angel%20Urbina/Downloads/Exploration%20and%20Development%20of%20the%20Platanares,%20Honduras%20Geothermal%20System%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Angel%20Urbina/Downloads/Exploration%20and%20Development%20of%20the%20Platanares,%20Honduras%20Geothermal%20System%20(2).pdf)
- Haraldsson, I., & Lloret , A. (2014). GEOTHERMAL BATHS, SWIMMING POOLS AND SPAS:. 1.
- Hermosillo. (2012). REVISTA LATINOAMERICANA DE HIDROGEOLOGÍA. 48. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/M_Esteller/publication/277313840_Dinamica_de_niveles_piezometricos_en_un_acuifero_multicapa_sometido_a_explotacion_intensiva_acuifero_del_Valle_de_Toluca_Mexico/links/556769e908aecd77737891c/Dinamica-de-niveles-piezom
- Hernández, S. (2008). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/62081048/epistemologia_libro2_0200212-76792-164rbrt.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMETODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIAT
- INCROPERA, F. (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer*. Mexico: Pearson Education, Inc.
- INE. (2018). *Instituto Nacional de Estadísticas*. Obtenido de <https://www.ine.gob.hn/V3/>
- Llopis Trillo, G., & Rodrigo Angulo, V. (2008). *Guía de la Energía Geotérmica*. Madrid. Obtenido de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005842.pdf>
- Marzolf, N. (2015). *EMPRENDIMIENTO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN COLOMBIA*.
- Navarrete, M. (2014). *PANELA: Propiedades, Información y aceptación*. Universidad FASTA.
- Piedrahita, & Sánchez. (2007). Evaluación de la capacidad térmica de un radiador de calor. doi:10.22517/23447214.5415
- Prol-Ledesma, R. (1988). *El Calor de la Tierra*.

- Ragnarsson, Á., & Ágústsson, M. (2014). GEOTHERMAL ENERGY IN HORTICULTURE. 2.
- Rangel, M. (2006). *“Estudio de Caracterización Ocupacional del Subsector de la Panela, con énfasis en los entornos Tecnológico y Ocupacional, como primer insumo para la Normalización por Competencias Laborales, de las diferentes áreas de desempeño de los procesos productivo.* Obtenido de <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/estudio-de-caracterizacion-ocupacional-del-subsector-de-la-panela-con-.....pdf>
- Recinos . (2014). GEOTHERMAL DIRECT APPLICATIONS IN CENTRAL AMERICA AND MEXICO. Obtenido de https://pdfs.semanticscholar.org/f31a/93765a156e604a09859143e8b40556029299.pdf?_ga=2.36415266.304552570.1589425137-1318454836.1589425137
- Salazar, O., & Serrato, L. (Abril de 2015). *Historia y Uso de Energías Renovables.* Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/56725235/A1.1011-18.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DHistoria_y_Uso_de_Energias_Renovables_Hi.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BANLJP5CVR%2F20200514%2Fus
- Sossa, V., & Sevastian. (2013). *Diseño e integración de energía geotérmica de baja entalpía aplicada a proyectos de construcción residencial.* Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113790>
- Starovicova, M. &. (2014). Obtenido de “Types of Sugar and Related Products: <http://www.food-info.net/uk/products/sugar/history.htm>
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la tierra una introducción a la geología física.* Madrid. Obtenido de <http://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>
- Thulukkanam. (2013). *Heat Exchanger Design Handbook.* CRC Press.
- Trocki. (01 de Septiembre de 1989). Obtenido de <https://www.osti.gov/servlets/purl/5792805>
- USA, U. T., & Laboratorio nacional de los andes . (1980). Geology of the Azacualpa Geothermal Site, Departamento de Comayagua, Honduras, Central America. Obtenido de

file:///C:/Users/Angel%20Urbina/Downloads/Geologia%20Azacualpa,%20Comayagua.pdf

Arias-Giraldo, S., Ceballos-Peñaloza, A. M., & Gutiérrez-Mosquera, L. F. (2016). Determinación Experimental De Propiedades Térmicas Y Físicas Para Jugo De Caña, Miel Y Panela/Experimental Determination of Thermal and Physical Properties for Cane Juice, Cane Syrup and Panela. *Vitae; Medellín, 23*, S145-S148.

González, J. J. L. (2015). *PROPUESTA DE DESARROLLO SUSTENTABLE A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN DEL COMBUSTIBLE BAGAZO POR LAS LLANTAS DE DESECHO Y LEÑA EN HORNOS DE TRAPICHES PANELEROS". ESTUDIO DE CASO: HORNILLA CIMPA*. 218.

IX. ANEXOS

REPUBLICA DE HONDURAS
ACCALDIA MUNICIPAL
MUNICIPALIDAD DE SAN JESÚ DE COROYAGUA
COROYAGUA, COROYAGUA, HONDURAS
TEL: (504) 9999-9999

LISTA DE EMPRESAS QUE OPERAN EN EL MUNICIPIO DE SAN JESÚ DE COROYAGUA DEL 2010

Nombre del propietario	Calle donde opera	Comercio
Miguel Muñoz	Barrio de	Panela en sus Migración
Orlando Pineda	Barrio de	Panela en Puerto del potrero
Edson Muñoz	Barrio de	Panela en sus Migración
Padre Tabara	Barrio de	Panela en Puerto del potrero
Martha Castro	Barrio de	Panela en el Barrio de
Araceli Muñoz	Las Mercedes	Panela en las Mercedes
Marcos Cruz Muñoz	Mercedes	Panela en las Mercedes
Rubén Muñoz	Mercedes	Panela en las Mercedes
Beto Rodríguez	Las Mercedes	Panela en las Mercedes
Osvaldo Espino	Las Mercedes	Panela en las Mercedes
Juan Tabara	Puerto del potrero	Panela en las Mercedes
Osvaldo Tabara	Puerto del potrero	Panela en Puerto del potrero
Rafael Tabara	Puerto del potrero	Panela en Puerto del potrero
Paola Tabara	Puerto del potrero	Panela en Puerto del potrero
Daniela Tabara Montenegro	Puerto del potrero	Panela en Puerto del potrero
Ericksa García	Parque	Panela en EJC
Carolina Hernández	El Zarzal	Panela en EJC
Darío García Hernández	Calcha	Panela en EJC
Ernesto Barón	En el Barrio	Panela en EJC
Ernestina Carpio Ventura	El Barrio	Panela en EJC
Narciso García	Calcha	Panela en EJC
Juan Carlos Martínez	En el Barrio	Panela EJC
Melina García	Calcha	Panela EJC
Antonio Ayala	Calcha	Panela en el Campesino
Egido Guzmán	Chalchela de	Panela en el Campesino
Rubén Guzmán	Chalchela de	Panela en el Campesino
Rafael García	Nueva Esperanza	Nueva Esperanza

Todos los datos recopilados por el desarrollo de nuestro Municipio

Anexo 1: Control de Fábricas Paneleras.

Fuente: (Dominguez , 2020).



Anexo 2: Permiso de Operación de Fábricas Paneleras.

Fuente: (Dominguez , 2020).



Anexo 3: Georreferencia del recurso geotermal y las fábricas paneleras

Fuente: Google Earth

Tratamiento	Nombre	Unidad	Repetición	CO ₂ (ug/m ³)	CO (ug/m ³)	Nox (ug/m ³)
T1	Caucho100%	1	1	677972151633,4	25626490005,50	697027848,37
T1	Caucho100%	2	2	1455888536100,1	75468023316,99	986238157,80
T1	Caucho100%	3	3	1517283612130,2	73570661960,78	981986367,64
T2	Bagazo100%	4	1	1607718636404,0	13622241579,56	1217367242,15
T2	Bagazo100%	5	2	1241716947059,5	38389892413,96	1405402661,71
T2	Bagazo100%	6	3	1686500865272,1	47927899015,83	751601346,57
T3	Leña100%	7	1	1075102202993,8	68206354300,39	467026669,46
T3	Leña100%	8	2	1471100781510,4	31688963261,81	1046802546,44
T3	Leña100%	9	3	2397576291304,5	198189620392,44	876057740,17
T4	Caucho 25% + Bagazo50% Leña25%	10	1	1352996253700,5	3236658719,97	613996882,45
T4	Caucho 25% + Bagazo50% Leña25%	11	2	1163469158523,5	6185236610,69	757150467,01
T4	Caucho 25% + Bagazo50% Leña25%	12	3	1185253846150,3	334808989740,08	1363531697,39
T5	Caucho 33%+ Bagazo33% +Leña33%	13	1	2519940048176,6	77185922122,38	1378386078,44
T5	Caucho 33%+ Bagazo33% +Leña33%	14	2	966833459956,5	123054725227,70	868673207,41
T5	Caucho 33%+ Bagazo33% +Leña33%	15	3	3067997090701,1	1370902821077,08	6021816300,33
T6	Caucho 50% +Bagazo50%	16	1	2723820760895,7	191903569900,36	728006863,85
T6	Caucho 50% +Bagazo50%	17	2	2801502973461,5	213288648450,39	641914018,50
T6	Caucho 50% +Bagazo50%	18	3	1984914376533,7	43138639281,13	1336600429,65
T7	Bagazo50% +Leña 50%	19	1	72257706143,7	276733468,77	38975725,47
T7	Bagazo50% +Leña 50%	20	2	47951214212,5	263830431,66	35745227,32
T7	Bagazo50% +Leña 50%	21	3	54586246148,3	812091440,10	34878674,68
T8	Caucho 25% + Bagazo25% + Leña50%	22	1	52899835506,0	2600562528,32	22482844,97
T8	Caucho 25% + Bagazo25% + Leña50%	23	2	23571440749,6	145264986,83	16830772,93
T8	Caucho 25% + Bagazo25% + Leña50%	24	3	13195511680,5	66531216,24	10140680,31
T9	Caucho 50% +Bagazo25% +Leña25%	25	1	11867453671,1	112424981,59	10316289,30

T9	Caucho 50% +Bagazo25% +Leña25%	26	2	8972680736,5	73226041,26	6200985,19
T9	Caucho 50% +Bagazo25% +Leña25%	27	3	6270375186,1	12608183,09	2897872,14

Anexo 4: Emisiones de CO2 por tipo de combustible utilizado en la caldera (horno)

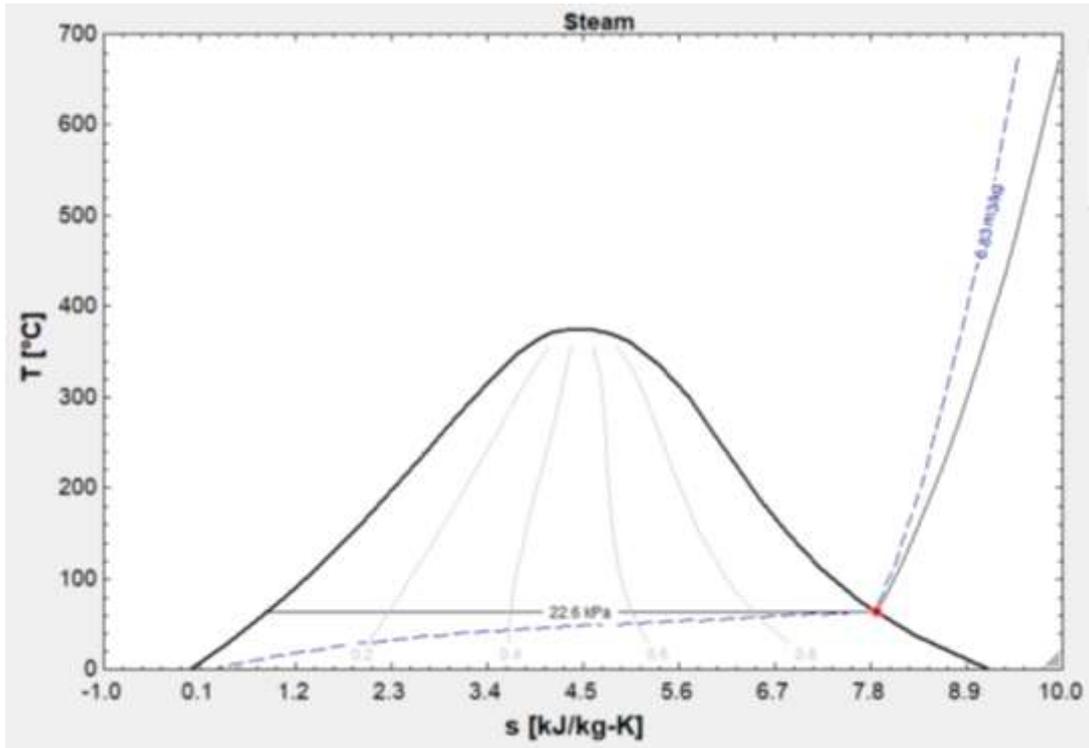
Fuente:(González, 2015)

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P _{sat} kPa	Volumen específico, m ³ /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v _f	Vapor sat., v _g	Liq. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Liq. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Liq. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vapor sat., s _g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

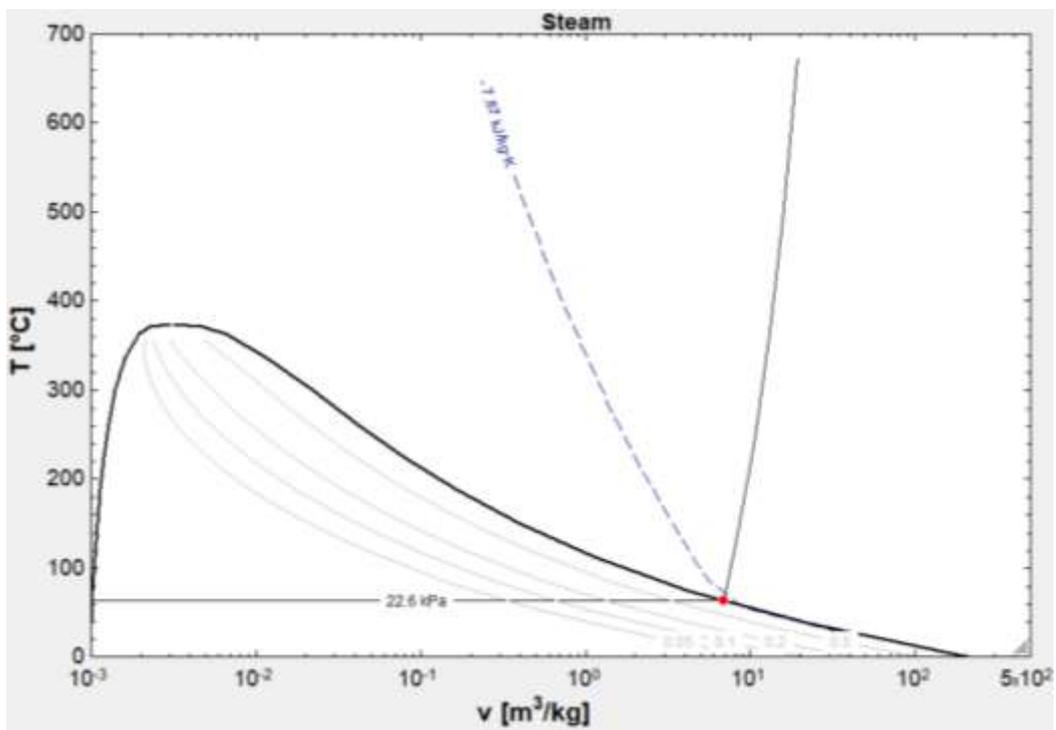
Anexo 5: Tabla de propiedades termodinámica de agua saturada

Fuente: (Cengel, 2007)



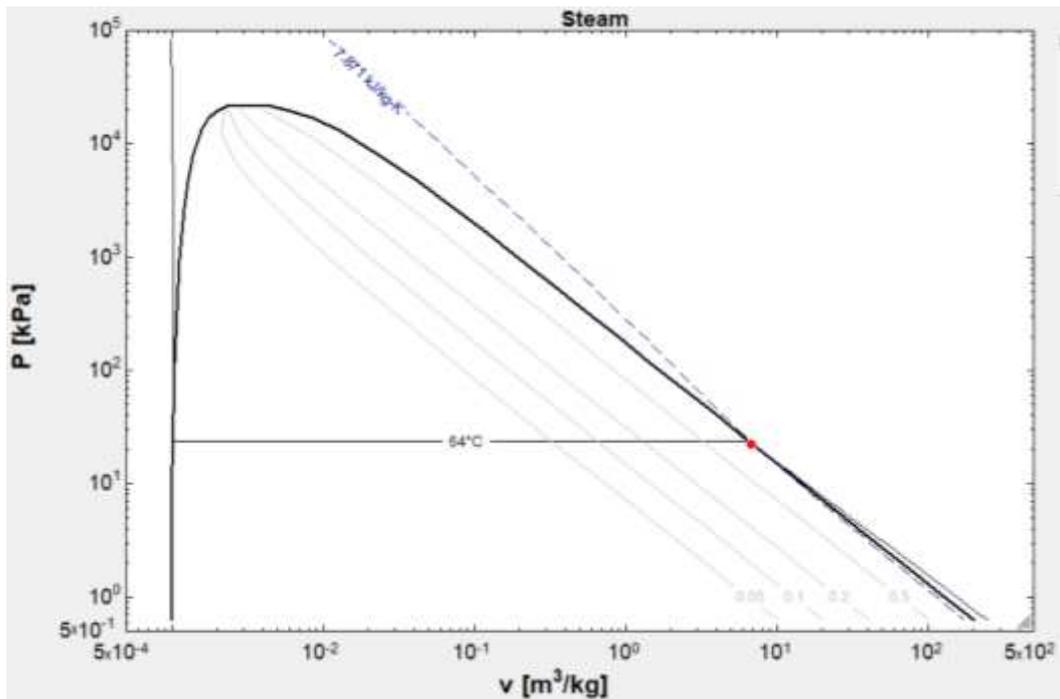
Anexo 6: Análisis de la temperatura vs a la entropía.

Fuente: Elaboración propia con datos de software (EEI).



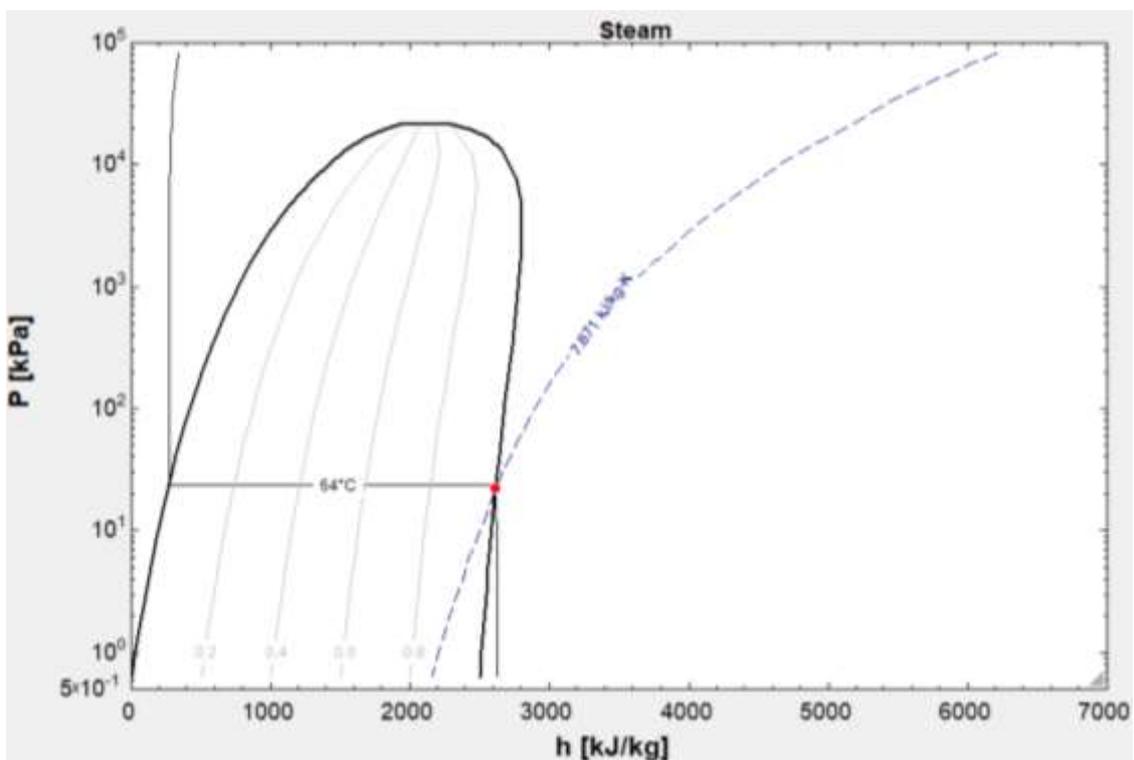
Anexo 7:) Análisis de la temperatura vs el volumen específico.

Fuente: elaboración propia con datos de software (EEI).



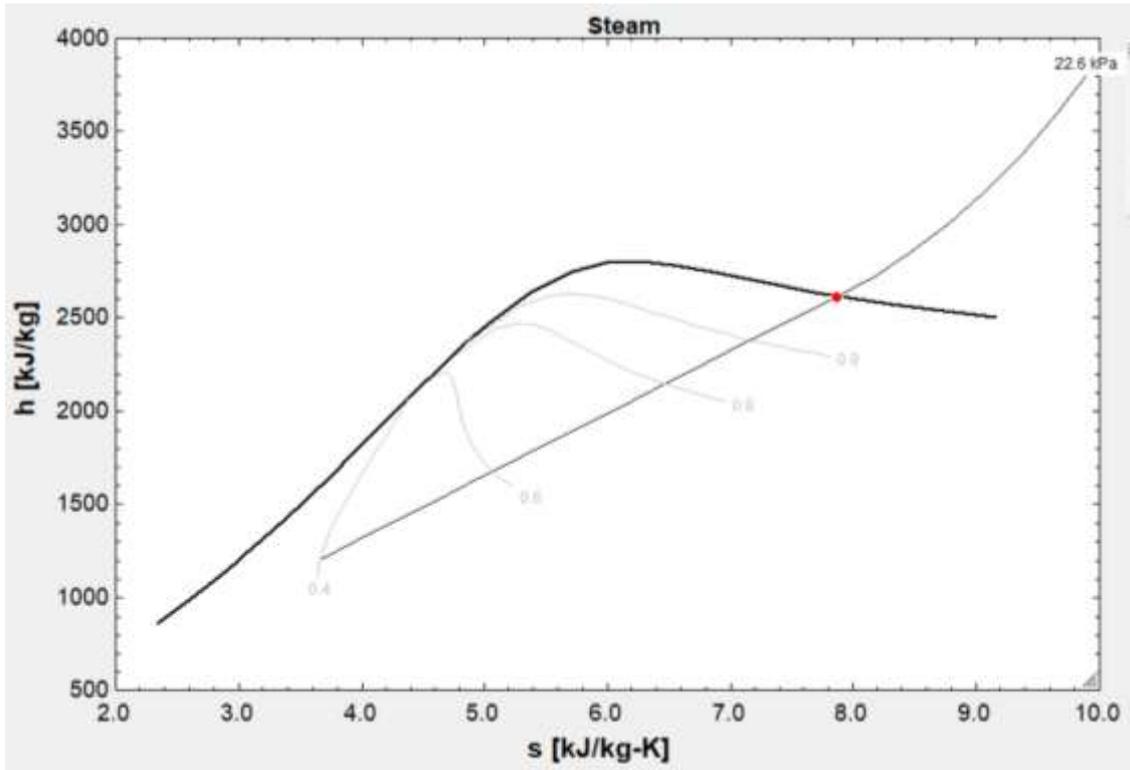
Anexo 8: Análisis de la presión saturada vs el volumen específico.

Fuente: Elaboración propia con datos de software (EEI).



Anexo 9: Análisis de la presión saturada vs la entalpía.

Fuente: elaboración propia con datos de software (EEI).



Anexo 10: Análisis de la entalpía vs la entalpía.

Fuente: elaboración propia con datos de software (EEI).

9.1 TOMA DE DATOS DE CAMPO

Datos de proceso de producción de panela													
Cocimientos	cocimiento			cantidad de cuadros de dulce	por cocimiento			tiempo en canoa			tiempo en moldes		
	Hora de inicio	Hora de final	tiempo en minutos		cantidad de tinajas	cantidad de bagazo	cantidad de leña	Hora inicio	Hora final	Tiempo en minutos	Hora inicio	Hora final	Tiempo en minutos
1	05:10 a. m.	06:06 a. m.	56	53		25	20	06:07:00 a. m.	06:17:00 a. m.	10	06:19:00 a. m.	06:50:00 a. m.	31
2	06:07 a. m.	07:10 a. m.	63	55	75	8	5	07:12:00 a. m.	07:21:00 a. m.	9	07:22:00 a. m.	07:50:00 a. m.	28
3	07:11 a. m.	07:55 a. m.	44	49	67	7	2	07:57:00 a. m.	08:09:00 a. m.	12	08:10:00 a. m.	08:43:00 a. m.	33
4	07:55 a. m.	09:10 a. m.	75	51	65	6	0	09:20:00 a. m.	09:28:00 a. m.	8	09:30:00 a. m.	10:00:00 a. m.	30
5	09:11 a. m.	10:25 a. m.	74	45	45	23	3	10:30:00 a. m.	10:35:00 a. m.	5	10:38:00 a. m.	10:58:00 a. m.	20
7	10:27 a. m.	11:28 a. m.	61	53	65	20	0	11:31:00 a. m.	11:40:00 a. m.	9	10:44:00 a. m.	12:13:00 p. m.	89
8	11:30 a. m.	12:40 p. m.	70	56	75	20	5	12:43:00 p. m.	12:49:00 p. m.	6	12:52:00 p. m.	01:51:00 p. m.	59
9	12:43 p. m.	02:15 p. m.	92	55	75	15	0	02:19:00 a. m.	02:27:00 a. m.	8	02:40:00 a. m.	03:09:00 a. m.	29
10	02:17 p. m.	04:17 p. m.	120	63	110	25	5	04:26:00 a. m.	04:39:00 a. m.	13	04:44:00 a. m.	05:08:00 a. m.	24
promedio			72.78	53.3	72.125	16.56	4.44			8.9			38
total			655.00	480	577	149	40			80.00			343.00

Anexo 11: Toma de datos en fábricas paneleras

Fuente: Elaboración propia con tomas de datos de campo.

Cocimientos	cocimiento			cantidad de cuadros de dulce	Datos de proceso de producción de panela por cocimiento			tiempo en canoa			tiempo en moldes		
	Hora de inicio	Hora de final	tiempo en minutos		cantidad de tinas	cantidad de bagazo	cantidad de leña	Hora inicio	Hora final	Tiempo en minutos	Hora inicio	Hora final	Tiempo en minutos
	1	05:20 a. m.	06:22 a. m.		62	55		22	22	06:23 a. m.	06:33 a. m.	10	06:34 a. m.
2	06:23 a. m.	07:02 a. m.	39	60	75	9	3	07:03 a. m.	07:10 a. m.	7	07:11 a. m.	07:37 a. m.	26
3	07:03 a. m.	07:30 a. m.	27	52	65	10	1	07:32	07:42 a. m.	10	07:44 a. m.	08:14 a. m.	30
4	07:32 a. m.	08:15 a. m.	43	43	40	6	0	08:17 a. m.	08:29 a. m.	12	08:30 a. m.	09:00 a. m.	30
5	08:16 a. m.	09:35 a. m.	79	63	85	29	5	09:36 a. m.	09:41 a. m.	5	09:42 a. m.	10:09 a. m.	27
7	09:35 a. m.	10:40 a. m.	65	58	80	20	3	10:41 a. m.	10:49 a. m.	8	10:50 a. m.	11:13 a. m.	23
8	10:41 a. m.	11:20 a. m.	39	56	75	20	5	11:21 a. m.	11:30 a. m.	9	11:31 a. m.	12:01 a. m.	30
9	11:21 a. m.	12:05 p. m.	44	49	65	18	0	12:06 p. m.	12:12 p. m.	6	12:13 p. m.	12:35 p. m.	32
10	12:06 p. m.	12:58 p. m.	52	42	45	10	0	01:00 p. m.	01:09 p. m.	9	01:10 p. m.	01:47 p. m.	37
11	01:00 p. m.	03:21 p. m.	141	45	130	20	4	03:21 p. m.	03:33 p. m.	12	03:34 p. m.	04:14 p. m.	40
promedio			59.1	52.3	73.333333	16.4	4.3			8.8			30.1
total			591	523	660	164	43			88			301

Anexo 12: Toma de datos en fábricas paneleras.

Fuente: Elaboración propia con tomas de datos de campo.

Molienda		
Tiempos de trabajo en el traoiche.		
Encienden	Apagan	[min]
07:30 a. m.	10:24 a. m.	174
12:58 p. m.	03:42 p. m.	166
Promedio		170
Total		340

Anexo 13: tiempos de trabajo en la molienda

Fuente: Elaboración propia con tomas de datos de campo.

Características motor del trapiche
utiliza combustible diésel; cada 6 cargas de panela producidas se necesita un galón de diésel
Requiere un cambio de aceite cada 60 cargas de dulces producidas.
Utiliza Agua

Anexo 14: características del motor del trapiche.

Fuente: Elaboración propia con tomas de datos de campo.

Características del proceso de Apronte y molienda	
Tiempo que tarda en hacer un manojo de bagazo [7min]	
cantidad de cargas de caña jaladas por una bestia mular en el día a una distancia de 0.34[km], 38 cargas	
Peso de una carga de caña (promedio) es de:	280 [lb].
Peso de bagazo procesado por el trapiche de una carga de caña es de:	133 [lb]
Peso de bagazo seco de una carga de caña es de:	54 [lb].

Anexo 15: Características del proceso de Apronte y Molienda

Fuente: Elaboración propia con tomas de datos de campo.

9.2 ENCUESTAS Y ENTREVISTA



Encuesta del proceso de la producción de la panela

1. ¿Cuántas mazorcas de caña utilizas diario?

2. ¿Cuántas cargas de panela (bultos) le produce cada mazorca de caña?

45-50 50-55 55-60 60-70 70-mas

3. ¿De qué depende que una mazorca de más carga de panela que otra?

El abono El terreno Cultivo todas las anteriores

4. ¿Cuántas cargas de panela produce diario en su galera?

4 3 6 7 8

5. ¿De qué depende que el herrero haga tantas cargas de panela (bultos)?

La hora de entrada El clima El recurso otro _____

6. ¿En su galera cuál es el principal combustible utilizado en el horno?

Bagazo leña Barros otros

7. ¿Usted estaría de acuerdo con la implementación de otro método para la fabricación de la panela?

No Si

8. ¿El molinillo que utiliza para la fabricación de la panela es propio?

Si No

9. ¿Cuánto es el número necesario de empleados en una galera?

10. ¿Qué tipo de combustible utiliza en el trapiche?

11. ¿Qué cantidad de combustible utiliza por día?

12. ¿Cuántas horas utilizan diario?

13. ¿Cuántas cargas de leña utilizan diario?

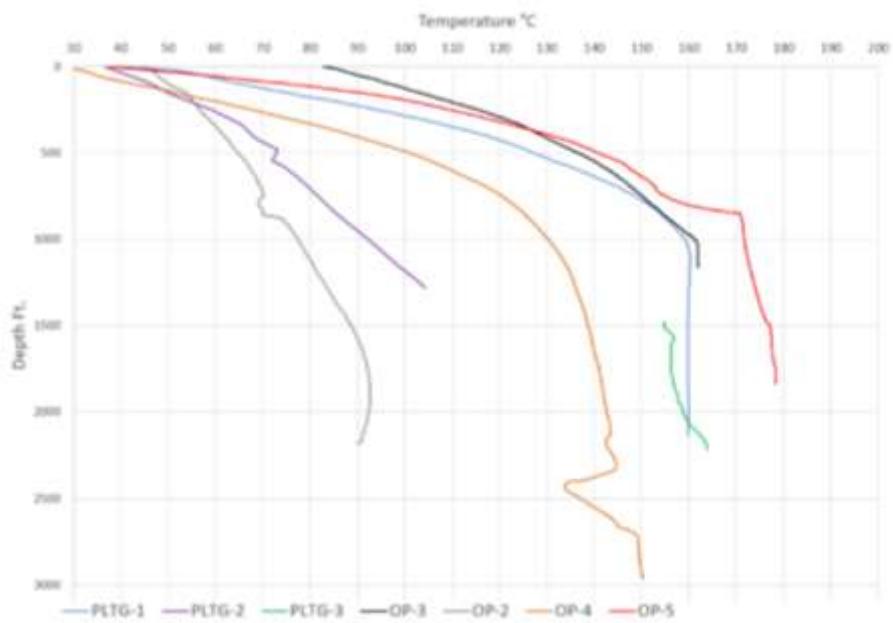
Anexo 16: encuestas y entrevistas

Fuente: Elaboración propia



Anexo 17: Ubicación del pozo AC3

Fuente: Elaboración propia



Anexo 18: Perfiles de temperatura para pozos en el campo geotérmico de Platanares.

Fuente: (Fercho, et al., Exploration and Development of the Platanares, Honduras Geothermal System, 2017)

Tipo de proceso	Actividad	cantidad de personas [unidad]	costo por producción [L]	producción [unidad]	Costo al día [L]	total [L]
Apronte	Cortero	2			200	400
	Mulero	2			200	400
Molienda	Moledor	2	40	6	240	480
Cocción de la oanela	Hornero	1	45	6	270	270
	Ayudante	1	40	6	240	240
Asolear el bagazo	Bagacero	1			200	200
Total		9	125		1350	1990

Anexo 19: Costos de producción, en fábrica panelera.

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.

9.3 PROCESO PANELERO



Anexo 20: Corte de la caña de azúcar

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 21: Carde caña

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 22: transporte de Caña de azúcar

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 23: proceso de extracción del jugo de la caña en el trapiche.

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 24: Bagazo húmedo

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 25: Proceso desecado del bagazo

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 26: Cámara de combustión o Horno de una fábrica panelera

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 27: Proceso de cocción de la panela.

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 28: sobresaturación de la masa o miel

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 29: Enfriamiento de la Miel o Masa saturada

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 30: Moldes de la panela

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 31: producto final

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.

9.4 SITIO GEOTÉRMICO DE SAN JOSÉ DE COMAYAGUA



Anexo 32: Cueva del recurso termal de San José de Comayagua y Zacapa.

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 33: yacimiento termal de San José de Comayagua

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 34: Sitio termal de San José de Comayagua

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 35: Aguas termales de San José de Comayagua

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 36: Ubicación del pozo AC3

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



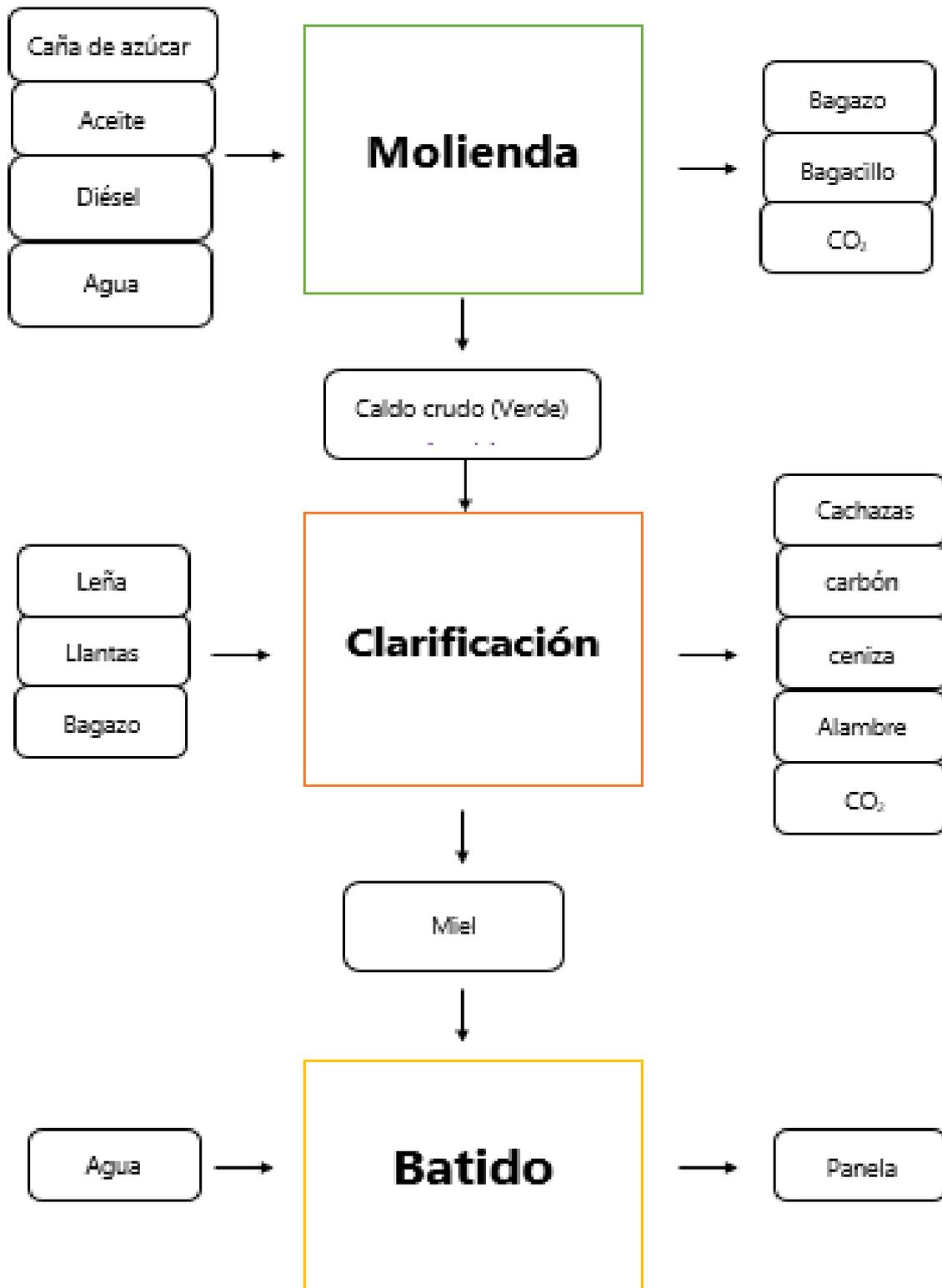
Anexo 37: Área de terreno del pozo AC3

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



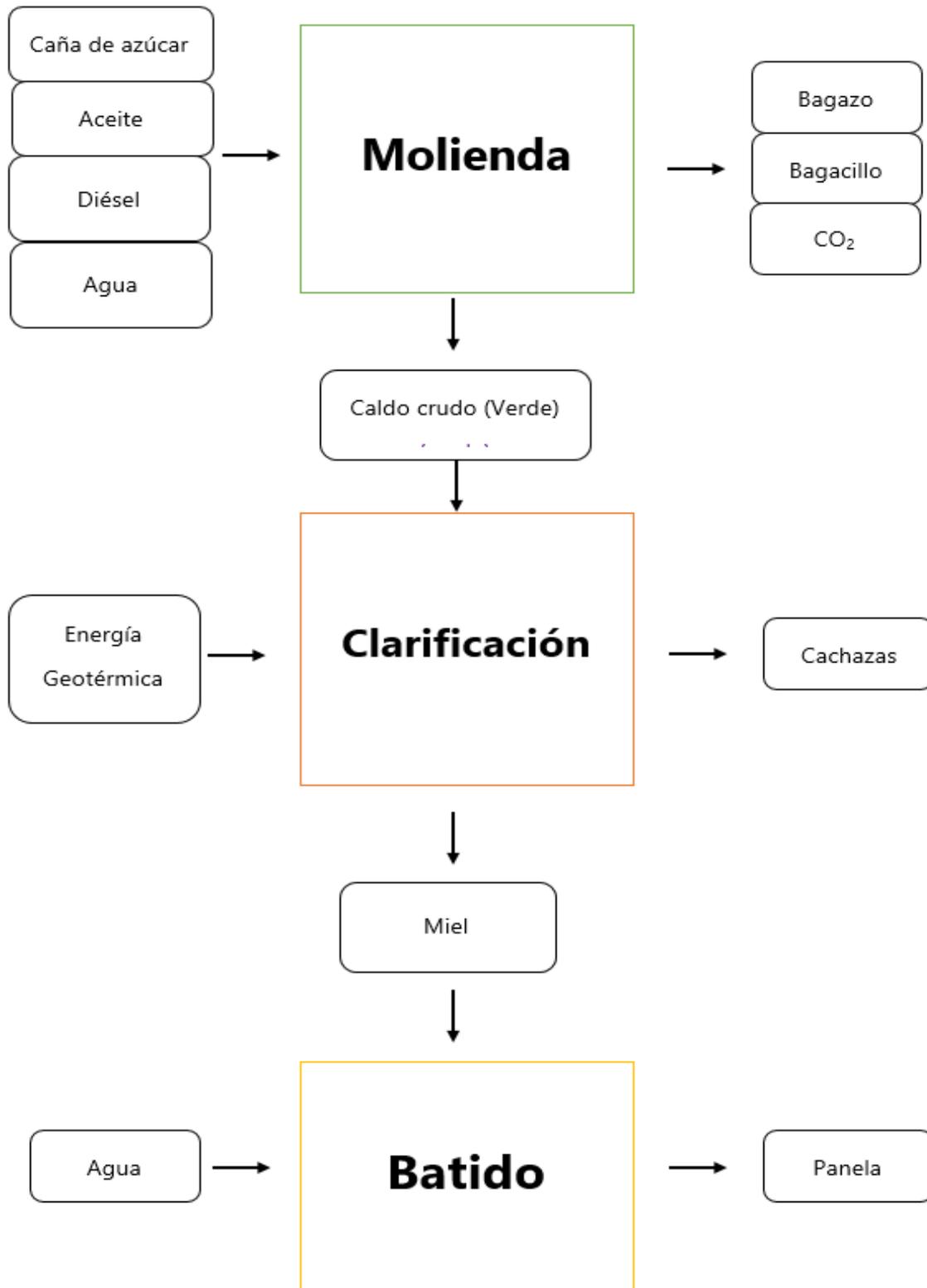
Anexo 38: Carretera que conduce al pozo AC3 y el recurso termal.

Fuente: elaboración propia con toma de datos de campo.



Anexo 39: Método tradicional de Elaboración de la panela

Fuente: Elaboración propia (2020)



Anexo 40: Método propuesta de fabricación de la panela

Fuente: Elaboración propia (2020)