



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**Análisis Técnico de la Implementación de una
Microrred Alimentada por Energía Fotovoltaica y
Biomasa para el sector de La Tigra, Santa Bárbara,
Honduras.**

PREVIO A LA OBTENCIÓN AL TÍTULO DE

INGENIERO EN ENERGÍA

PRESENTADO POR:

11711160

Erick Fernando López García

ASESOR METODOLÓGICO: ING. RAFAEL AGUILAR

ASESOR TEMÁTICO: ING. EMILIO MEDINA

Campus Tegucigalpa; Abril, 2021

¿Qué estrella cae sin que nadie la observe?

WILLIAM FAULKNER

RESUMEN EJECUTIVO

El informe de proyecto de graduación se centró en el análisis técnico de la implementación de una microrred alimentada por energía solar y biomasa. La comunidad de La Tigra, Santa Barbara no cuenta con el servicio a energía eléctrica por lo tanto se analizó de qué forma puede ser solventado dicho problema. La metodología utilizada fue la metodología REA la cual sirve para determinar la potencia mínima que demanda la comunidad. Como resultados del análisis realizado se obtuvo la radiación solar del sitio, la generación anual de las tecnologías utilizadas para el diseño, el costo que tiene la microrred y el consumo promedio en los hogares. Con todos los análisis realizados se pudo llegar a conclusiones basadas en los objetivos planteados al inicio de la investigación.

ABSTRACT

The graduation project report focused on the technical analysis of the implementation of a microgrid powered by solar energy and biomass. The community of La Tigra, Santa Barbara does not have electric power service, therefore it was analyzed how this problem can be solved. The methodology used was the REA methodology which was used to determine the minimum power required by the community. As results of the analysis carried out, the solar radiation of the site, the annual generation of the technologies used for the design, the cost of the microgrid and the average consumption in homes were obtained. With all the analyzes carried out, it was possible to reach conclusions based on the objectives set at the beginning of the investigation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	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	MICRORREDES.....	6
3.1.1	COMPONENTES DE LAS MICRORREDES.....	6
3.1.2	CLASIFICACIÓN DE LAS MICRORREDES.....	7
3.1.3	MODO DE OPERACIÓN DE LAS MICRORREDES.....	8
3.1.4	TIPO DE MICRORREDES.....	8
3.2	ENERGÍAS RENOVABLES.....	9
3.2.1	TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	9
3.3	ENERGÍA DE BIOMASA.....	10
3.3.1	TIPOS DE BIOMASA.....	11
3.3.2	PROCESOS DE CONVERSIÓN DE LA BIOMASA.....	11
3.3.3	TIPOS DE MATERIA ORGÁNICA.....	13
3.4	BIODIGESTOR.....	13
3.4.1	PROCESOS DE BIODIGESTION.....	14

3.4.2	BIOGÁS	15
3.4.3	BIOL.....	15
3.4.4	PARTES DEL BIODIGESTOR.....	16
3.4.5	TIPOS DE BIODIGESTORES	17
3.5	PODER CALORÍFICO DE LA PULPA DEL CAFÉ	21
3.6	ENERGÍA SOLAR.....	21
3.6.2	TIPOS DE ENERGÍA SOLARES.....	22
3.6.3	TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS	22
3.6.4	TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES.....	23
3.6.5	COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	25
3.7	DEMANDA DE ENERGÍA POR VIVIENDA	26
3.8	COSTO DE UNA MICRORRED	26
IV.	METODOLOGÍA.....	27
4.1	ENFOQUE.....	27
4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	27
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	27
4.4	MATERIALES	28
4.5	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
4.6	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	28
4.6.1	DEMANDA USANDO EL MÉTODO REA.....	28
4.7	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	29
V.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	30
5.1	ASPECTOS GENERALES	30
5.1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	30
5.2	CÁLCULO DE LA DEMANDA REA.....	31

5.3	BIODIGESTOR.....	33
5.3.1	DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.....	33
5.4	MONTAJE DEL BIODIGESTOR.	37
5.4.1	ZANJA PARA LA BOLSA DE RETENCIÓN.....	37
5.4.2	CAJA DE CARGA DEL AFLUENTE	38
5.4.3	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE AGUAS MIELES.....	38
5.4.4	TANQUE DE RECEPCIÓN DEL BIOL.	39
5.5	SISTEMA FOTOVOLTAICO	39
5.5.1	DATOS GENERALES DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	39
5.5.2	DATOS GENERALES DEL INVERSOR FOTOVOLTAICO.....	40
5.5.3	RADIACIÓN SOLAR DEL SITIO.....	42
5.5.4	CÁLCULO DE INVERSORES.	42
5.5.5	CÁLCULO DE MÓDULOS SOLARES.	43
5.5.6	CÁLCULO DE MÓDULOS EN SERIE.....	44
5.5.7	CAÍDA DE TENSIONES.	44
5.5.8	CALCULO DE BATERÍAS.	48
5.5.9	DISEÑO FINAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	49
5.6	CÁLCULO DEL COSTO DE LA MICRORRED.....	50
5.6.1.	COSTO DEL BIODIGESTOR	51
5.6.1.	COSTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	53
VI.	CONCLUSIONES.....	54
VII.	RECOMENDACIONES.....	55

INDICES DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 DIAGRAMA DE UNA MICRORRED.....	7
ILUSTRACIÓN 2 DIAGRAMA DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	10
ILUSTRACIÓN 3 PROCESOS TERMOQUÍMICOS DE CONVERSIÓN.....	12
ILUSTRACIÓN 4 DIAGRAMA DE UNA RED CON BIODIGESTOR.....	14
ILUSTRACIÓN 5 CONEXIÓN DE UN BIODIGESTOR.....	17
ILUSTRACIÓN 6 BIODIGESTOR MODELO "CHINO".....	19
ILUSTRACIÓN 7 MODELO DE BIODIGESTOR "INDIO".....	20
ILUSTRACIÓN 8 BIODIGESTORES HORIZONTALES.....	20
ILUSTRACIÓN 9 SISTEMA FOTOVOLTAICO ISLA.....	24
ILUSTRACIÓN 10 SISTEMAS DE CONEXIÓN FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED.....	24
ILUSTRACIÓN 11. UBICACIÓN LA TIGRA, SANTA BÁRBARA, SANTA BÁRBARA.....	31
ILUSTRACIÓN 12. ESQUEMA DE UN BIODIGESTOR.....	34

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES	29
TABLA 2. CORPORACIÓN MUNICIPAL DE SANTA BÁRBARA, SANTA BÁRBARA	30
TABLA 3. CONSUMO PROMEDIO MENSUAL POR VIVIENDA.....	32
TABLA 4. DATOS GENERALES DEL GENERADOR.....	35
TABLA 5. MEDIDAS DE LA ZANJA	37
TABLA 6. DIMENSIONES DE CAJA DE AFLUENTE	38
TABLA 7. DIMENSIONES DEL TANQUE DE RECEPCIÓN DEL BIOL	39
TABLA 8. DATOS GENERALES DEL MÓDULO SOLAR	40
TABLA 9. DATOS GENERALES DEL INVERSOR SUN2000-2KTL-L1	41
TABLA 10. DATOS GENERALES DEL INVERSOR SUN2000-5KTL-L1	41
TABLA 11. RESUMEN DE ARREGLO FOTOVOLTAICO.....	50
TABLA 12. CAÍDAS DE TENSIÓN AC Y DC.....	50
TABLA 13. COSTO DE LA ZANJA DEL BIODIGESTOR.....	51
TABLA 14. COSTO DE CAJA CARGA DE AFLUENTE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 15. TUBERIA DE CONDUCCIÓN.....	52
TABLA 16. COSTO TANQUE DE RECEPCIÓN DEL BIOL	52
TABLA 17. COSTO DEL EQUIPO	53
TABLA 18. COSTO TOTAL DEL BIODIGESTOR.....	53
TABLA 19. COSTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	53

INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. FACTOR "A" DEMANDA REA.....	31
ECUACIÓN 2.FACTOR "B" DEMANDA REA.....	32
ECUACIÓN 3. CÁLCULO DE POTENCIA MÍNIMA REQUERIDA	33
ECUACIÓN 4. GENERACIÓN REQUERIDA DE BIOGÁS DIARIA	36
ECUACIÓN 5. PROPORCIÓN DE AGUA MIEL PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS	36
ECUACIÓN 6. NUMERO DE INVERSORES	42
ECUACIÓN 7. NUMERO DE PANELES POR MPPT DEL INVERSOR.....	43
ECUACIÓN 8. NUMERO DE PANELES EN SERIE.....	44
ECUACIÓN 9.VOLTAJE TOTAL POR STRING.....	44
ECUACIÓN 10.CORRIENTE MÁXIMA.....	45
ECUACIÓN 11. CAÍDA DE TENSIÓN EN DC.....	45
ECUACIÓN 12. CORRIENTE EN CAÍDA DE TENSIÓN AC.....	47
ECUACIÓN 13. CAPACIDAD DEL SISTEMA FV.....	48
ECUACIÓN 14. NUMERO DE BATERÍAS.....	49

LISTA DE SIGLAS

A	Amperio
ENEE	Empresa De Energía Eléctrica
INE	Instituto Nacional De Estadística
KW	Kilowatt
KWh	Kilowatt Hora
L	Litro
M	Metro
ONU	Organización De Las Naciones Unidas
P	Potencia
REA	Rural Electrification Administration
RGD	Redes Generales De Distribución
STC	Standard Test Condition
V	Voltio
W	Watt
Wp	Watt pico

I. INTRODUCCIÓN

Según la ONU (Organización de las Naciones Unidas) uno de los derechos fundamentales para la humanidad es el acceso a energía. Como se menciona en el objetivo número 7 de desarrollo sostenible "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos" («Objetivos de Desarrollo», 2015). La empresa Nacional De Energía Eléctrica en Honduras asegura que se cuenta con una cobertura del 85.02%, así mismo se cuenta con un índice del 14.98% de zonas no electrificadas (ENEE, 2019). El departamento de Santa Bárbara el 11.47% no cuenta con energía eléctrica en sus hogares. Estos índices antes expuestos son los más bajo de la región de Centro América. Ante todas las debilidades que presentan estos servicios en la zona rural del país, las poblaciones no cuentan con condiciones de vida aceptables que garanticen el funcionamiento adecuado de salud, educación y económico. En su mayoría de zonas rurales cuentan con recursos naturales que pueden ser aprovechados para la generación de electricidad.

El municipio de Santa Bárbara, departamento de Santa Bárbara está constituido por 19 aldeas y 122 caseríos según el censo nacional de población y vivienda del INE (Instituto Nacional De Estadística) (*Santa Bárbara – INE, s. f.*). Como estudiante de UNITEC se busca una alternativa para solucionar este problema de cobertura eléctrica, una alternativa viable es la creación de una microrred alimentada por tecnología fotovoltaica y biomasa, por el perfil que se puede visualizar en la comunidad. Siendo estos proyectos de bajo impacto ambiental.

El objetivo primordial de este trabajo de investigación es realizar un análisis técnico para poder dar una solución concreta.

En la sección II es el planteamiento del problema en donde se describe se encontrarán el ¿por qué?, de donde se origina y los precedentes, en la misma se encuentran los objetivos que esta investigación conlleva y las diferentes preguntas de investigación. En la sección III se encuentra el marco teórico en donde se describen los conceptos básicos de la investigación. La sección IV explica la metodología a utilizar, materiales, las variables de investigación y herramientas a utilizar. En la sección V se encuentran los cálculos y resultados del trabajo que se presentara

que además ayudaran a llevar a conclusiones concretas. La sección VI se dan las conclusiones en base a lo investigado por último la sección VII en la cual se encontrarán las recomendaciones.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

La Tigra comunidad ubicada en el Parque Nacional Montaña Santa Bárbara, es una comunidad productora de café en el Departamento de Santa Bárbara. El café es el producto de mayor importancia en la agricultura y también en la socioeconómica del país. En la comunidad de La Tigra alrededor de 15 familias se dedican a este rubro. Según la ENEE en el boletín de cobertura de energía eléctrica se tiene que un 85.02% del territorio nacional cuenta con el servicio de energía eléctrica, este siendo el más bajo de la región de centro américa. Es en el área rural donde se tiene la menor cobertura eléctrica, esto es por muchos factores, hablando de la parte económica no es tan rentable brindar el servicio de energía eléctrica a lugares donde se tiene poca demanda o donde las condiciones para las estructuras son pocas favorables y esto hace que el costo aumente. Las áreas rurales son más propensas a no contar con el servicio de energía eléctrica por lo tanto acuden a otros sustitutos como fuente de energía, los cuales no son amigables con el ambiente, algunos de los sustitutos son suministros de energía diésel, queroseno, lámparas de gas. No se puede dar caso omiso al uso de leña ya que según el diagrama "SANKEY" la leña es de las fuentes de energía que en Honduras más se consume, aproximadamente un 43% proviene de la leña en el país.

El acceso al servicio de energía eléctrica en la comunidad de La Tigra es de los servicios básicos para poder mejorar muchas condiciones. Algunos de estos son la calidad de vida de las personas, crecimiento económico, educación y salud. Una de las mejores alternativas para poder brindar el servicio a esta comunidad es la implementación de energía renovables (Biodigestor, fotovoltaico) ya que con estas energías limpias se reducen los impactos ambientales.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Tigra es una pequeña aldea con una estructura rural de casas cercanas con fincas de café y de aguacate, a lo largo del tiempo su problema primordial ha sido el servicio a la energía eléctrica en donde el 100% de sus casas utilizan la leña para cocción de alimentos. Además, utilizan pilas para la iluminación de los hogares y motores de combustión interna por lo tanto utilizan diésel o gasolina. Tomando en cuenta La Tigra es una comunidad altamente productora de café y de aguacate la falta de energía eléctrica les ha generado dificultades en el desarrollo social y económico. Por todo lo observado y expuesto es necesario realizar un estudio técnico y económico para implementar una microrred alimentada por energía renovables, siendo esta una solución para brindar el servicio de energía eléctrica de una manera ecológica con tecnología de biodigestor y fotovoltaica.

2.3 JUSTIFICACIÓN

En la comunidad de La Tigra debido a su gran producción de café anualmente se observó como una oportunidad el aprovechamiento de la pulpa de café como fuente de energía para ser procesada en un biodigestor. Además, se aprovechará la radiación del lugar para la generación de energía fotovoltaica, de esta forma se ve una solución para cubrir la necesidad de energía eléctrica en el lugar de una forma ecológica. Es por ello que como estudiante pasante de la carrera de Ingeniera en Energía en UNITEC se tomó la decisión de realizar estudios para poder implementar las tecnologías renovables previamente mencionadas y así poder darle a la comunidad una oportunidad de crecimiento económico e incrementar las mejoras en salud y educación.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Cuáles son las necesidades energéticas que tienen los hogares en el sitio?
- 2) ¿Cuánta potencia fotovoltaica resultara luego de realizar los cálculos específicos y de diseño?
- 3) ¿Cuál sería el costo de implementar una microrred usando tecnología renovable?
- 4) ¿Cuánto será la generación anual de energía en ambas tecnologías a implementar?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de microrred de generación eléctrica con tecnología renovable (Biodigestor y energía fotovoltaica) para poder brindarle energía eléctrica a la comunidad de La Tigra, Municipio de Santa Bárbara Departamento de Santa Bárbara aprovechando el cultivo del café y la radiación solar del sitio.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Realizar un cálculo de energía demandada en los hogares de la comunidad de La Tigra.
- 2) Determinar la radiación solar que se encuentra en la comunidad de La Tigra.
- 3) Estimar el costo de la implementación de una microrred con tecnología renovable.
- 4) Estimar la generación anual de energía de ambas tecnologías implementadas en el sitio.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 MICRORREDES

Una microrred se habla de una interconexión de cargas eléctricas y fuentes de generación de cualquier tipo, pueden interactuar de forma conectada a la red nacional o funcionar de forma autónoma (sistema aislado).

Las micro redes de bajo impacto ambiental son aquellas que son alimentadas por energías renovables que también son integradas por baterías de acumulación. (Kyriakarakos et al., 2013)

Los sistemas de microrred hoy en día se han difundido de la mejor manera gracias a: características de sostenibilidad medioambiental para el suministro energético.

disminución de los costes de las tecnologías de acumulación eléctrica.

desarrollo de sistemas de control inteligentes, que permiten una gestión activa de las cargas eléctricas y las acumulaciones y, básicamente, reducir los costes del suministro de energía.

(¿Qué es una microrred?, s. f.)

(«Centro Nacional De Energías Renovables», s. f.) refiere "Las microrredes comprenden sistemas de distribución en baja tensión junto con fuentes de generación distribuida, así como dispositivos de almacenamiento. La microrred puede ser operada tanto en modo no autónomo como autónomo".

3.1.1 COMPONENTES DE LAS MICRORREDES

- Los elementos primordiales de las microrredes son los siguientes:

- Una red de distribución en baja tensión
- Infraestructura de comunicación local
- Sistema de gestión y control
- Almacenamiento de la energía
- Controladores para cargas y consumos

Las microrredes son controladas por un sistema central que rige todas las acciones que se

toman es la cabeza de todo el sistema este es el que dicta las ordenes correspondientes para que funcione de la mejor manera.

Luego del sistema central de control se tienen lo que es sistemas de almacenamientos y las cargas que están conectadas.

3.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MICRORREDES

Según su uso, propósito o alcance las microrredes pueden clasificarse de la siguiente manera:

Microrredes comerciales: este tipo son utilizadas para reducir costos y la demanda durante las operaciones normales de RGD (REDES GENERALES DE DISTRIBUCION), cuando se tienen interrupciones del suministro son importantes para la transferencia de datos.

Microrredes de comunidades: son diseñadas para la mejora de la confiabilidad y para promover la participación de la comunidad.

Microrredes de campus: la mayoría de instituciones ya cuentan con recursos de generación distribuidas con microrredes, en la mayor parte de los casos suelen ser grandes y pueden vender el exceso de energía a la red nacional.

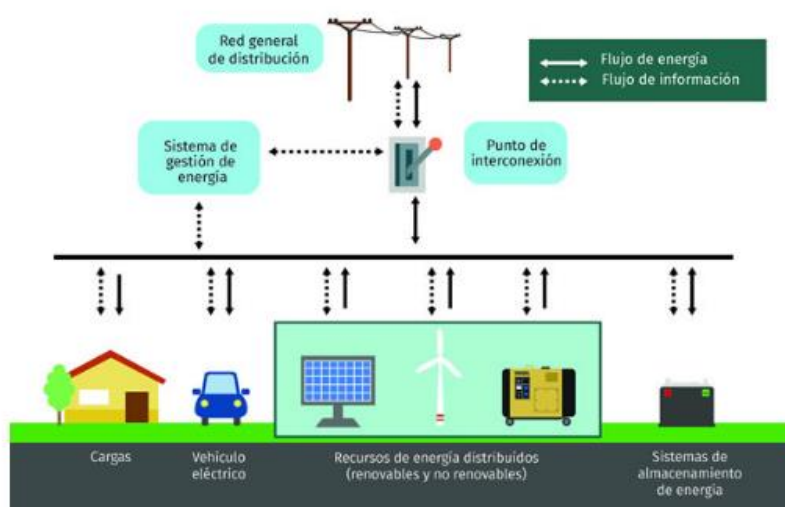


Ilustración 1 Diagrama de una microrred

Fuente: *(Las Microrredes Eléctricas y la Transición Energética de México, s. f.)*

3.1.3 MODO DE OPERACIÓN DE LAS MICRORREDES

Una microrred se puede utilizar de dos formas, puede ser desconectada para ser utilizada en modo isla (aislado) o conectada a red.

Conectada a RGD: De este modo puede operar extrayendo o inyectando energía a la red, de esta manera no se afecta la calidad de energía. la microrred puede hacerse cargo de todo su suministro.

Modo isla: en este modo la microrred opera desconectada de la RGD, consumiendo y generando su propia energía para suplir la demanda asignada. Se puede garantizar el suministro continuo a la demanda en caso de fallas en la RGD, la autonomía depende de su generación y consumo de las cargas conectadas al sistema. *(Las Microrredes Eléctricas y la Transición Energética de México, s. f.)*

3.1.4 TIPO DE MICRORREDES.

Microrredes de corriente alterna: son conectadas a cargas que funcionan con corriente alterna/directa, fuentes de energía renovables. Pueden ser integradas muy fácilmente a la red eléctrica nacional, pero tienen un decremento en su eficiencia energéticas debido a la conversión de corriente.

Microrredes de corriente directa: utiliza un convertidor de CA/CD, al compararse con la microrred de corriente alterna es más eficiente ya que se reducen las pérdidas por conversión de energía.

Microrredes híbridas de CA-CD: Este tipo es una combinación de los antes mencionados que permite una mayor facilidad de integrar los equipos de CA y CD, se evitan realizar etapas de

conversión de energía y pérdidas de energía. al tener esta combinación se hace más fácil la integración a la RGD.

3.2 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas fuentes basadas por el uso de los recursos naturales como el sol, el viento, el agua y biomasa. La mayor característica que hace que esta energía tenga un gran impacto es la no utilización de los combustibles fósiles, sino recursos naturales que son capaces de renovarse con el tiempo.(sanchez , cristian)

Existen muchos tipos de energías renovables, se parte de la base que se puede obtener energía de muchas maneras lo único que se tiene que hacer es transformarla en energía eléctrica, básicamente este procedimiento se repite en la mayoría de las energías. Debido a que tenemos energía solar, energía hidráulica, energía eólica entre otras; únicamente se tiene que transformar esas distintas energías en energía eléctrica.(<https://www.factorenergia.com/wp-content/uploads/2016/06/emiliresp.jpg>, s. f.)

3.2.1 TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

En las energías renovables se encuentran energías de base, energías totalmente renovables y parcialmente renovables.

Refiriéndose a las energías de base aquellas que siempre están generando a cualquier momento del día, dentro de este grupo tenemos a la energía hidráulica esta se encarga de darle estabilidad a la generación en los países.

Las energías parcialmente renovables es la geotérmica y de biomasa son aquellas que siempre generan pero que depende de un recurso que se puede agotar, en el caso de la geotérmica al momento de colapsar los pozos productores se para la generación hasta que se puede volver a encontrar otra falla y poder perforar. Las energías totalmente renovables son todas aquellas que siempre existen como la eólica e hidráulica.(*La importancia de las energías renovables* | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL, s. f.)

Algunos tipos de energía son:

- Solar: la energía que se obtiene a partir del sol, siendo las más comunes la solar fotovoltaica y la solar térmica.
- Eólica: energía proveniente del viento
- Hidráulica: la energía que se obtiene de los ríos y corrientes de agua dulce
- Geotérmica: la energía calorífica en el interior de la tierra.
- Biomasa: la energía que se extrae de la materia orgánica.

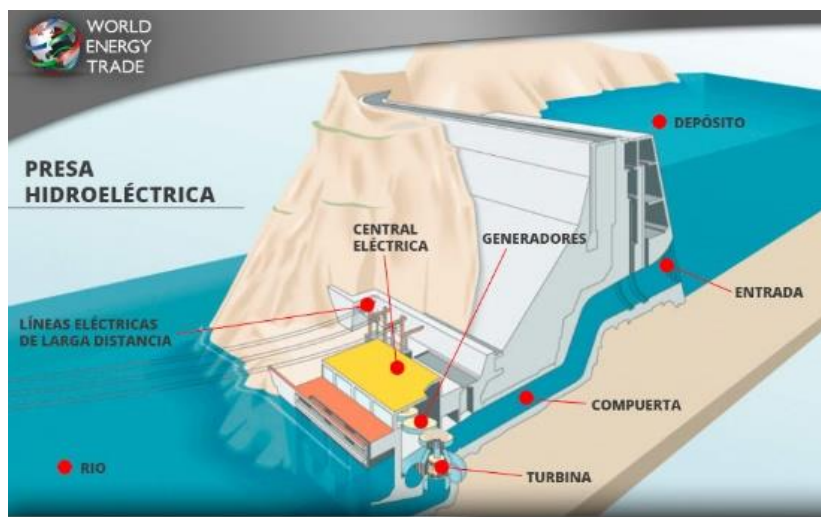


Ilustración 2 Diagrama de una central hidroeléctrica

Fuente: (Cómo funciona la energía hidroeléctrica, s. f.)

3.3 ENERGÍA DE BIOMASA

La Biomasa fue la energía más importante tiempo atrás de la revolución industrial ya que tenía

múltiples aplicaciones luego de ese periodo se dejó relegada ya que se empezaron a utilizar energía fósil.

La biomasa tiene muchas definiciones en campo de la ingeniería, pero la más utilizada es toda la materia orgánica susceptible utilizada como fuente de energía, el origen de la energía biomasa puede ser animal como vegetal. Puede ser obtenida de manera natural o por medio de transformaciones artificiales que se realizan en las centrales de biomasa.

La energía de biomasa se puede decir que es proveniente del sol esto debido a que los vegetales y animales absorben y almacenan una pequeña porción de energía solar que llega a la tierra en forma de alimento o de energía. además, se derivan productos como son los fertilizantes que después del proceso de transformación queda un residuo que luego es utilizado para incorporarlos al suelo. (*¿Qué es la biomasa?*, s. f.)

3.3.1 TIPOS DE BIOMASA

La biomasa se clasifica en tres grandes grupos:

- Biomasa natural: es la que se produce en la naturaleza sin la intervención humana.
- Biomasa residual: son los residuos provenientes de las actividades humanas los RSU como un ejemplo de ellos.
- Biomasa producida: son los cultivos energéticos, grandes extensiones de cultivos con alta capacidad calorífica para luego ser aprovechados. Un caso de estos cultivos es la palma africana, sorgo, caña común entre otros. (*libro_energia_biomasa.pdf*, s. f.)

3.3.2 PROCESOS DE CONVERSIÓN DE LA BIOMASA

La biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono y un elevado de contenido de oxígeno y otros compuestos volátiles. Los compuestos volátiles son los que tienen acumulado la parte del poder calorífico de la biomasa. El poder calorífico de la biomasa

depende del tipo puede ser seca o en base húmeda, de esta manera se pueden dar valores de forma húmeda o seca.

3.3.2.1 Biomasa Seca

Es la biomasa que se puede obtener de manera natural con un porcentaje de húmeda menor al 60% como la leña y la paja entre otros. Este tipo se presta para realizar con procesos termoquímicos o fisicoquímicos. Que producen energía térmica o productos secundarios en forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

3.3.2.2 Biomasa Húmeda

Este tipo se considera cuando tiene una humedad mayor al 60% como pueden ser los restantes vegetales, residuos animales. Obteniéndose de ahí dos tipos de combustibles líquidos y gaseosos.

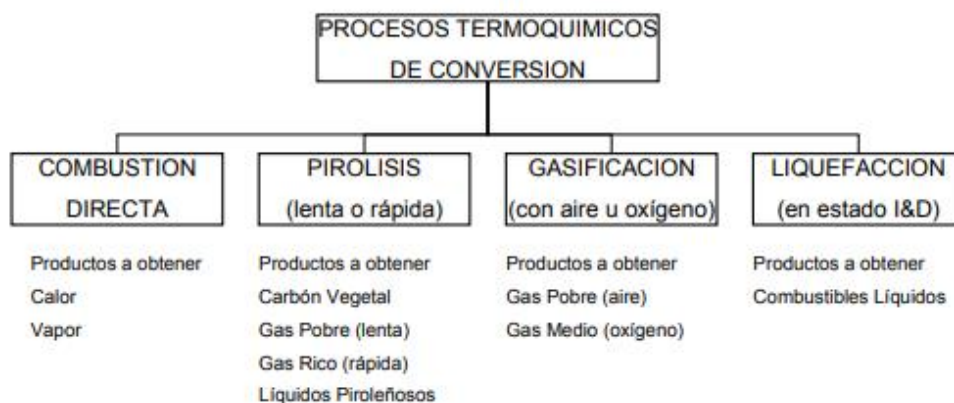


Ilustración 3 Procesos termoquímicos de conversión

Fuente: (libro_energia_biomasa.pdf, s. f.)

3.3.3 TIPOS DE MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica alberga tres tipos, como primer tipo el suelo puede contener materia orgánica que ya ha sido descompuesta, esto ayuda a mejorar la estructura del suelo para retener el agua. Esta materia ya ha estado mucho tiempo en el suelo y ya no contiene muchos nutrientes

Segundo tipo es aquella materia orgánica parcialmente descompuesta, que contiene la mayor parte de la vida del suelo porque tiene muchas propiedades para los seres vivos, de esta forma ayuda a mejorar la estructura del suelo. El compostaje y hiervas al tener más de dos semanas pasan a ser de este segundo tipo.

Por último, el tercer tipo esta es la materia más fresca, por ejemplo, las plantas recién cultivadas en el suelo desde su inicio como también desperdicios domésticos que fueron incorporados al suelo. Este tipo de materia orgánica está llena de azúcares que son fácilmente disponibles para ser usados y son de alto valor energético, los cuales muchos organismos usan primero. Debido a la intensa actividad biológica.(*LOS TRES TIPOS DE MATERIA ORGÁNICA - AGRI-CROP*, s. f.)

3.4 BIODIGESTOR

Un biodigestor es un contenedor de distintos materiales completamente sellado en el que entra RSU, materia orgánica, desperdicios de cosechas y estiércol todo con el fin de llegar a tener una degradación anaeróbica

En la materia prima puede transformarse en muchas cosas como en fertilizantes, Biol y también se produce biogás. Existen biodigestores a pequeña y gran escala. Los más adecuados a nivel familiar son los biodigestores "modulares", entre los que destacan los biodigestores "de bolsa". Un biodigestor de bolsa es un sistema de flujo continuo en el que los desechos orgánicos ingresan por un extremo de la bolsa (reactor), la recorren en un tiempo de retención hidráulica determinado, y salen tratados como fertilizante orgánico por otro extremo, produciendo biogás en su recorrido.(*Biodigestores – Unidad de Ecotecnologías, UNAM, Campus Morelia*, s. f.)

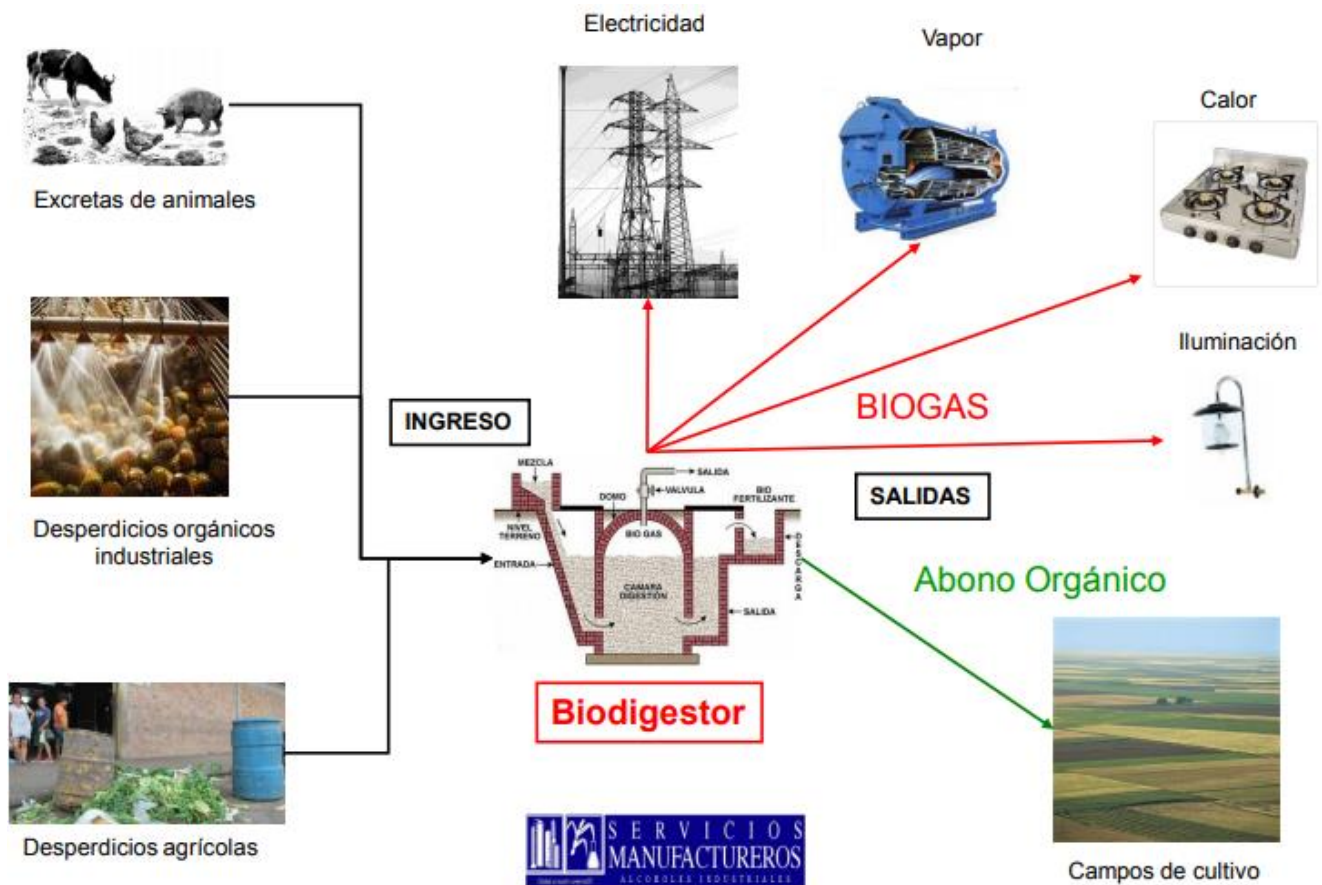


Ilustración 4 Diagrama de una red con biodigestor

Fuente: (3 Panel I Biogas.pdf, s. f., p. 4)

3.4.1 PROCESOS DE BIODIGESTIÓN

El manejo correcto que se le da al materia orgánica o desechos se logra a través de ciertos tratamientos para poderlos transformar a productos con valor agregado. Esto permite establecer bioprocesos en función de la presencia o ausencia de oxígeno, con el objeto de tratar adecuadamente diversos residuos orgánicos.

3.4.1.1 Digestión aeróbica

Esta digestión consiste y su principal factor que diferencia de la anaeróbica es la no presencia de oxígeno. Consiste en procesos realizados por diversos grupos de microorganismos que pueden ser bacterias y protozoos que, en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular. La digestión aeróbica presenta diversas ventajas dentro de las cuales destacan la facilidad de operación del

sistema, bajo capital de inversión comparada con la digestión anaeróbica, no genera olores molestos, reduce la cantidad de coliformes fecales y por lo tanto, de organismos patógenos.

3.4.1.2 Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica parte de un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de materiales orgánicos que luego son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno. El proceso anaeróbico se clasifica como fermentación anaeróbica o respiración anaeróbica dependiendo del tipo de aceptores de electrones.(Manual biogas, s. f.)

3.4.2 BIOGÁS

El biogás es un gas que se genera a partir de una serie de procesos en dispositivo o natural por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica por la intervención de microorganismos y por un proceso anaeróbico.

El producto que se obtiene luego de varios procesos es en un 40% a un 70% de metano y dióxido de carbono (CO₂) además contiene pequeñas porciones de oxígeno, nitrógeno, sulfuro de hidrogeno y hidrogeno.

La producción de Biogás es un modo más útil de poder degradar los residuos ya que se produce un combustible que tiene muchas funciones. Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, o para generar calor en hornos, estufas, secadoras, calderas u otros sistemas de combustión a gas, debidamente adaptadas para tal efecto.(3 Panel I Biogas.pdf, s. f.)

3.4.3 BIOL

El biol es el resultado de una materia orgánica y minerales que son transformados gracias a una intensa actividad de microorganismos.al ser un proceso anaeróbico, permite la producción

de hormonas vegetales que ayudan al crecimiento de las plantas, raíces, desarrollo de los frutos, mejorando notablemente la producción.

Algunas de las propiedades del biol es que es un foliar con mucha actividad orgánica y que funciona de una manera excepcional para el cuidado de la planta a través de ácidos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, enzimas, hormonas de crecimiento y diversidad de micronutrientes presentes en el producto.(COMSA, 2020)

3.4.4 PARTES DEL BIODIGESTOR

Los componentes de un biodigestor son un reactor o también llamado contenedor de la materia prima a digerir, contenedor del biogás con válvula de salida, entrada o carga de materias orgánicas primas y salida de descargas.

3.4.5.1 Reactor

El reactor corresponde a la parte principal en donde ocurre el proceso bioquímico de la degradación de la materia prima, Los reactores de digestión pueden tener forma cilíndrica, cúbica, ovoide o rectangular, aunque la mayor parte de los tanques que se construyen en la actualidad son cilíndricos. La superficie inferior del reactor es inclinada para que los residuos, arena y sedimento puedan ser extraídos de una forma más fácil.

3.4.4.2 Entrada del afluente

En la entrada del afluente este se introduce por la parte superior del biodigestor y el excedente se extrae por el lado contrario.

3.4.4.3 Salida del efluente

En un biodigestor comúnmente contiene tres tuberías a diferentes niveles para poder extraer el mismo, siempre se extrae el que mejor calidad tenga de los tres niveles queriendo decir con la menor cantidad de sólido posible.

3.4.4.4 Extracción de lodos

Las tuberías de extracción de lodos suelen estar colocadas sobre bloques a lo largo del suelo inclinado del digestor. El lodo se extrae por el centro del reactor. Estas tuberías tienen, por lo general, 15 cm de diámetro o van equipadas con válvulas tapón para evitar obstrucciones, y se utilizan para llevar periódicamente el lodo del digestor a un sistema de evacuación de lodos.

3.4.4.5 Sistema de gas

En el proceso de digestión se produce alrededor de 400 a 700 litros por cada kilogramo de materia orgánica degradada, debido a la presencia de metano el digestor posee un poder calorífico de 500 a 600 kilocalorías por litro.

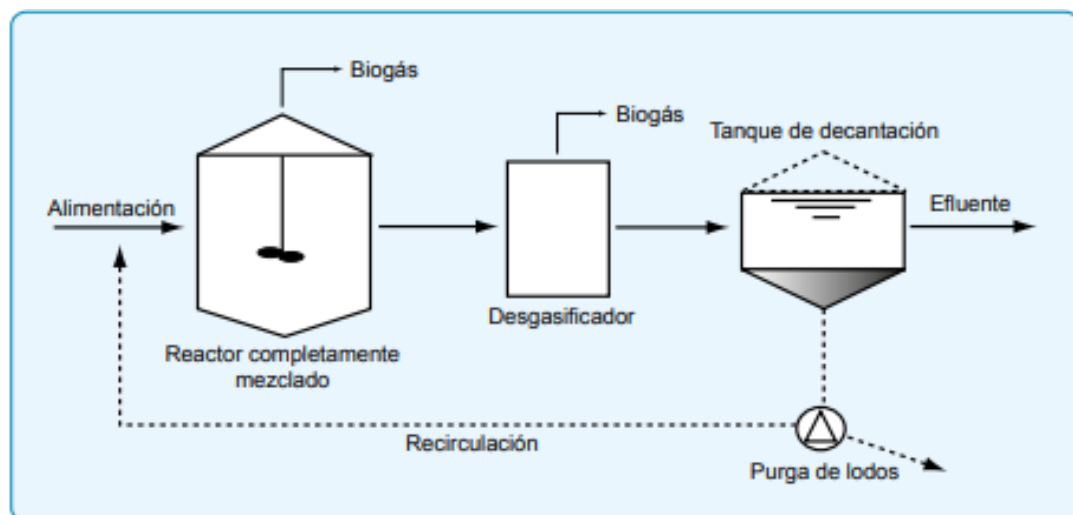


Ilustración 5 Conexión de un Biodigestor

Fuente: (*Biodigestores – Unidad de Ecotecnologías, UNAM, Campus Morelia, s. f.*)

3.4.5 TIPOS DE BIODIGESTORES

Existe una clasificación de los biodigestores los cuales pueden discontinuos, semicontinuos, flujo de pistón y de mezcla completa dentro de ellos se encuentran ciertos modelos los cuales son modelo chino e indio.

3.4.5.1 Biodigestores discontinuos

Estos tipos de biodigestores son contenedores cerrados que una vez cargados no permiten extraer o añadir sustratos hasta que finalice el proceso completo de degradación, el proceso finaliza cuando se agota el biogás. Estos tipos de digestores admiten mayor carga de materiales poco diluidos, por lo que el requerimiento de agua es menor que en los sistemas continuos. Otro aspecto a favor es que no son afectados por presencia de material pesado como tierra o arena.

3.4.5.2 Biodigestores continuos

Estos son alimentados diariamente con pequeñas porciones comparando el grande del reactor, por lo general estos siempre producen biogás a diario esto debido al constante suministro de materia prima. Una de las desventajas es que necesita mucha cantidad de agua debido a que la mezcla tiene que ser una parte materia orgánica y 4 partes de agua.

3.4.5.3 Biodigestores de mezcla completa

Este tipo de biodigestores son igualmente alimentados periódicamente se mezcla completamente con el contenido que ya está en la cámara de digestión. El material no se degrada en su totalidad entonces este sale en efluente.

3.4.5.4 Modelo chino

Como bien el nombre lo dice este modelo fue creado en china el cual está conformado por una estructura cerrada con cámaras de carga y descarga que pueden ser construidas por ladrillos y bloques. el relativo alto costo que representa la construcción de este modelo hace que no se haya popularizado en países latinoamericanos tanto como otros diseños.

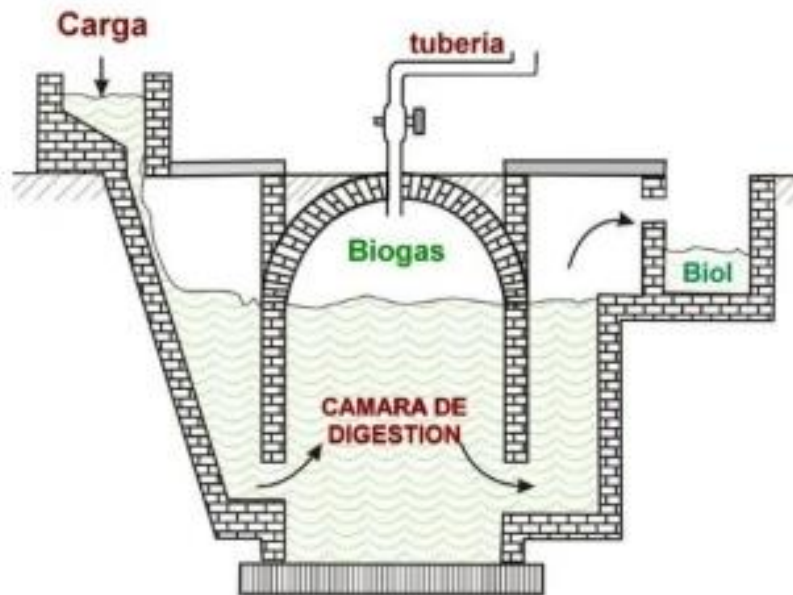


Ilustración 6 Biodigestor modelo "chino"

Fuente: («Clasificación de Biodigestores», 2020)

3.4.5.5 Modelo indio

A este modelo se le puede llamar "domo flotante" en su parte superior presenta una campana en forma de domo, esta se mantiene flotando debido al biogás que está concentrado en la parte superior, El domo puede ser de metal o preferiblemente de un material resistente a la corrosión como los plásticos reforzados. Esta campana sube y baja dependiendo del volumen de gas que contiene y por esto requiere una varilla guía central o rieles laterales que eviten el rozamiento contra las paredes de la estructura. Tiene la ventaja de que este no necesita tener un contenedor extra para almacenar biogás ya que debido a su campana ahí mismo guarda el biogás.

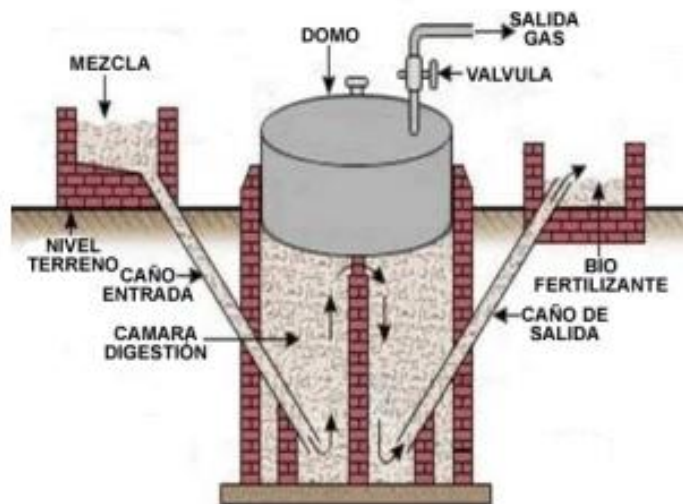


Ilustración 7 Modelo de Biodigestor "indio"

Fuente: («Clasificación de Biodigestores», 2020)

3.4.5.6 Biodigestores de flujo pistón

Estos biodigestores tienen una forma alargada y por lo tanto la degradación ocurre a medida transita a lo largo del biodigestor en este tipo entran los biodigestores de bajos costos.

3.4.5.7 Modelo horizontal

Es básicamente un digestor tubular horizontal en cuyos extremos se sitúan las cámaras de carga y descarga del sistema. Su configuración alargada impide que la carga líquida inicial y el efluente se mezclen. Esto lo hace útil en el aprovechamiento de residuos que requieran un tratamiento prolongado, tales como excretas humanas y ciertos desperdicios de sacrificio de animales. («Clasificación de Biodigestores», 2020)



Ilustración 8 Biodigestores Horizontales

3.5 PODER CALORÍFICO DE LA PULPA DEL CAFÉ

La pulpa del café es el primer subproducto que se obtiene al procesar el grano, este representa alrededor del 43.58% del peso del fruto. En estudios recientes se muestra que la pulpa tiene un poder calorífico de 15.88 MJ/Kg. (Valencia & Franco, s. f.)

3.6 ENERGÍA SOLAR

La energía solar es aquella que aprovecha la energía proveniente del sol por medio de paneles solares, se trata de una fuente renovable ya que la energía del sol se considera inagotable a escala humana.

La cantidad de energía recibida por el planeta tierra es diez mil veces mayor que la que consume todo el planeta, sin embargo, esta se distribuye de una forma cuasi uniforme sobre toda la superficie de la tierra.

3.6.1 Irradiación

La irradiación solar se define como la energía por unidad de área, no toda la radiación del sol llega a la superficie de la tierra, la magnitud que llega a la tierra se refiere como irradiación. Hay cuatro tipos de irradiancias las cuales son irradiación directa, difusa, total y global.

3.6.1.1 Irradiación directa

Es aquella que llega a la superficie de la tierra, esta irradiación es la que se toma en cuenta al momento de dimensionar un proyecto fotovoltaico.

3.6.1.2 Irradiación difusa

Es la radiación en la superficie de la Tierra a partir de la luz dispersada por la atmósfera.

3.6.1.3 Irradiación global

Es la irradiación total del sol sobre una superficie horizontal en la Tierra. Es la suma de la irradiación directa (después de tener en cuenta el ángulo cenital solar del Sol z) y la irradiación horizontal difusa. (*Energía solar*, s. f.)

3.6.2 TIPOS DE ENERGÍA SOLARES

3.6.2.1 Solar fotovoltaica

Esta tecnología de generación consiste en que los paneles solares transforman la luz en electricidad. Hoy los paneles solares se han convertido en una parte integral de la mezcla de energías usadas en todas las escalas desde las casas familiares a las grandes instalaciones de generación. La generación fotovoltaica ya no es solamente para crear parques fotovoltaicos hoy en día se cuenta con mucho proyecto residencial conectado a red. (¿Cuáles son los tipos de energía solar?, s. f.)

3.6.2.2 Energía termo solar

La energía termo solar se transfiere a través de un medio portador de calor que, en este caso, suele ser un aceite térmico. El funcionamiento de una planta termo solar es similar al de una central térmica o el de una central nuclear. El elemento distintivo entre unas y otras es el combustible o la fuente de calor. Las centrales térmicas utilizan combustibles fósiles como carbón o gas para generar calor, las centrales nucleares utilizan la energía nuclear presente en los átomos de uranio para generar energía térmica. Por otro lado, las centrales termoeléctricas utilizan la radiación solar. (junio & Blog, 2018)

3.6.3 TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Existen tres tipos de paneles, pero los más usados son dos tipos los policristalinos y

monocristalinos.

3.6.3.1 monocristalinos

Las placas de estos paneles solares son monocristalinos estos se pueden diferenciar de los demás ya que su color es muy oscuro, son los módulos hasta el momento más eficientes siempre por arriba de la eficiencia de los policristalinos, tiene a ser más caro que los otros modelos.

3.6.3.2 Policristalinos

Las placas son policristalinas y se diferencian de los otros por su color son azules sus placas y no contienen bordes hexagonales. este tipo de elaboración es menos costoso que el anterior, pero reduce considerablemente la eficiencia de las células y su rendimiento esto debido a que sus materiales en las celdas están compuestos de silicio esto impide que sea de un material puro la celda. *(Tipos de Placas Solares | Según Tecnología y Aplicaciones, s. f.)*

3.6.4 TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES

Los tres tipos más habituales de la forma que se maneja la energía son: aislados, conectado a red e híbrido.

3.6.4.1 Sistemas aislados

Son los sistemas que están completamente desconectados de la red, ellos generan lo que su demanda requiere también se les llama sistemas autónomos.

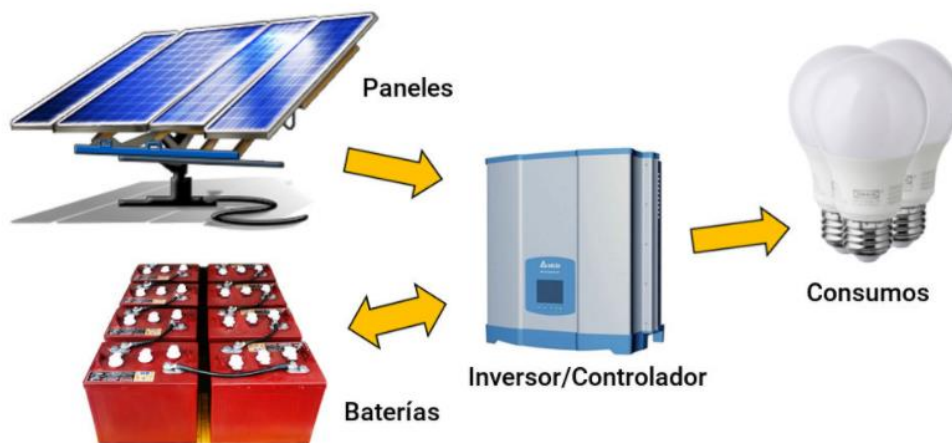


Ilustración 9 sistema fotovoltaico isla

Fuente: (SuriaEnergy, s. f.)

3.6.4.2 Sistemas conectados a red

Este tipo de sistemas utilizan paneles solares e inversores que están montados sobre la red eléctrica existente aportando su producción.



Ilustración 10 sistemas de conexión fotovoltaicos conectados a red

Fuente: (SuriaEnergy, s. f.)

3.6.4.3 Sistemas híbridos

Estos sistemas conjugan lo mejor de los dos sistemas anteriores, incorporando baterías y pudiendo funcionar como aislado, pero aprovechando la red eléctrica en el caso que las

baterías o los paneles no sean suficientes. Además, ante un excedente en la producción eléctrica de los paneles pueden volcarlo a la red eléctrica existente para ser utilizado por otros usuarios. (SuriaEnergy, s. f.)

3.6.5 COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

3.6.5.1 Estructura para panel solar

Este es un elemento pasivo en la construcción de un proyecto fotovoltaico, la estructura es la encargada de poder sostener los paneles en el predio donde se colocan, estos elementos fijan su posición y lo mantienen estable por muchos años.

3.6.5.2 Modulo solar

Es el elemento más destacado de la instalación es el encargado de convertir la energía solar en energía eléctrica y suministrar la potencia que hace falta en cada momento.

Los paneles están dotados de células de silicio, un material semiconductor que se encuentra encapsulado y conectado eléctricamente, y que va montado en una estructura que hace de soporte. («Principales componentes de una instalación fotovoltaica», 2020)

3.6.5.3 Regulador de carga

La función es administrar la energía las baterías de la manera eficiente, además a larga la vida útil de los acumuladores, evita que el sistema se sobrecargue y sobre descargue.

3.6.5.4 Batería

Es la encargada de almacenar la energía para luego ser utilizada en el momento que se requiera de ella.

3.6.5.5 Inversor

El inversor convierte la corriente continua que procede de las baterías en corriente alterna o convencional. Dicha corriente tiene que ser la misma que emplea la red eléctrica (220 V con una frecuencia de 50 Hz). Eso sí, una vez en funcionamiento debe amoldarse a la demanda de potencia máxima dispuesta en los equipos acoplados a él. («Principales componentes de una instalación fotovoltaica», 2020)

3.7 DEMANDA DE ENERGÍA POR VIVIENDA

La demanda energética de un hogar está determinada por una serie de factores como la potencia de los elementos, energía latente y sensible, el número de horas al día que se utilizan y factor de carga. Una vez evaluado todos estos factores podemos determinar la demanda energética promedio que tiene un hogar.

Algunos elementos básicos que se encuentran en las viviendas del sector rural son Focos, estufas, refrigeradoras, televisores, equipos de sonido y ventiladores.

Según los datos de la ENEE el promedio de la demanda por vivienda en el sector rural ronda los 120 KWh/mes- 150KWh/mes.

3.8 COSTO DE UNA MICRORRED

El costo que conlleva el diseño de una microrred incluye elementos como la instalación, el costo de las fuentes de energía entre otros más. Como se detallaba previamente existen varios tipos de microrred en cada una de ellas los costos suelen variar ya que ninguna es igual siempre en la implementación se cuenta con distintos retos.

IV. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE

El enfoque tiene como fin un análisis técnico para implementar una microrred para poder suplir las necesidades del sitio en donde se está realizando el análisis.

El modelo tomado incluye enfoque con aspectos cuantitativos y cualitativos. Para los aspectos cuantitativos se realizarán cálculos de demanda energética y otros aspectos que ayuden a determinar el aprovechamiento que se les darán a los recursos con los que se cuentan en el sitio, todo será de acuerdo con lo que la comunidad demande. Los aspectos cualitativos son el porqué del proyecto y la comunidad, todo con el fin de poder llegar a sugerencias concretas de cómo solucionar el problema.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

- Condiciones socioeconómicas del lugar.
- Demanda eléctrica aproximada.
- Potencia del proyecto fotovoltaico.
- Generación de la microrred.
- Costos de implementación

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

- Google Earth: este software fue utilizado para poder tener una visibilidad más amplia del sitio en donde se realizará el proyecto, además contiene información de elevaciones del sitio.
- Software PVsyst: es más utilizado para dimensionamiento de proyectos fotovoltaicos, es muy completo ya que tiene la base de datos meteorológicas más precisas. Cuenta con una gama muy alta de módulos e inversores en su base de datos.
- Revisión bibliográfica: Es un instrumento que se utiliza en cualquier tipo de investigación,

sin importar que sea cualitativa o cuantitativa.

- Encuestas: mediante visitas de campo se obtuvieron parámetros que ayudaron una mejor comprensión de las necesidades del sitio.

4.4 MATERIALES

- Mapas de ubicación
- Software de simulaciones
- Encuestas

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para tomar la población del sitio se tomó la base de datos del INE (Instituto Nacional De Estadística) de la aldea La Tigra, municipio de Santa Bárbara, departamento de Santa Bárbara. La muestra que se trabajó fueron todas las casas pertenecientes a la aldea.

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología utilizada se describe a continuación.

4.6.1 DEMANDA USANDO EL MÉTODO REA

La administración de electrificación rural REA, por sus siglas en ingles. Fue creada por los Estados Unidos de América el 11 de mayo de 1935, con el propósito de poder promover la electrificación a los largo de los Estados Unidos.(*Método Rea | Consumo (economía) | Estadísticas*, s. f.)

Este método ha demostrado ser muy fiable y eficaz, las curvas que presenta han sido verificadas según las necesidades debido a los constantes cambios que es sometida la red. El método consiste en la multiplicación de dos factores "A" y "B", que corresponden a número de clientes y KWh utilizados.

4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1. Diagrama de Actividades

Tabla Gantt													
Mes		Enero				Febrero				Marzo			
Semana	Fecha	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2		
Inducción de proyecto fase 1	(22/01/2021)												
Avance 1	(29/01/2021)												
Revisión de avance 1	(13/02/2021)												
Reunión asesor temático	(15/02/2021)												
Entrega avance 2	(15/02/2021)												
Revisión avance 2													
Reunión asesor temático													
Avance 3													
Revisión avance 3													
Reunión asesor temático													
Avance 4													
Entrega final													

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 ASPECTOS GENERALES

Honduras es un país que cuenta con mucha disponibilidad de recursos naturales que pueden ser explotados por medio de pequeños proyectos de energías renovables para la electrificación de aquellas comunidades que no tienen acceso a la energía eléctrica.

El municipio de Santa Bárbara cuenta con una extensión de aproximadamente 295.06 Km² está conformado por 35 aldeas y 23 caseríos según el Censo Nacional de Población y Vivienda del 2013. El código de representación de Santa Bárbara, Santa Bárbara es 1601. En la tabla 2 se muestra la corporación municipal.

Tabla 2. Corporación municipal de Santa Bárbara, Santa Bárbara

CARGO	NOMBRE
Alcalde	Fátima Juárez
Vice-alcalde	Chuy Dubon
Regidor 1	Edgardo Toro
Regidor 2	Benjamín Toro
Regidor 3	Ana castellanos
Regidor 4	Alma Zúniga
Regidor 5	Edgardo Jerezano
Regidor 6	Migdonio Enamorado
Regidor 7	Manuel Muñoz
Regidor 8	Bella Cardona
Regidor 9	Tereza Hasbum

Fuente: Elaboración Propia. (TSE,2018)

5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La microrred la Tigra sería un proyecto ubicado en la aldea la Tigra, municipio de Santa Bárbara departamento de Santa Bárbara al occidente del país.

La microrred aprovechara las aguas mieles del café que son depositadas en la actualidad en

lagunas de oxidación, además será utilizada la radiación solar del sitio, el proyecto consiste en implementar una microrred para abastecer de energía eléctrica el sector.

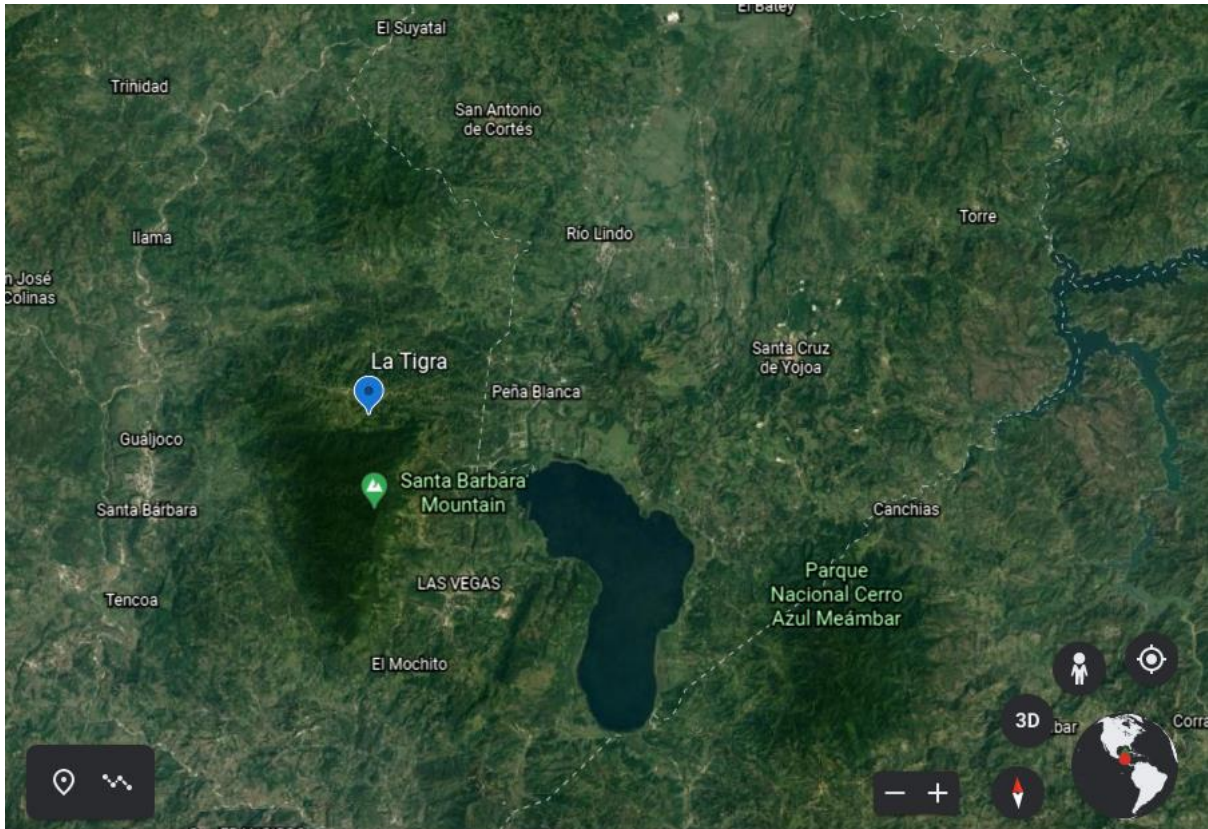


Ilustración 11. Ubicación La Tigra, Santa Bárbara, Santa Bárbara

Fuente: Elaboración propia. Google Earth

5.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA REA

El factor A del método de REA se refiere al número de familias beneficiadas el cual tendrá el valor de $N=7$, refiriéndose a las viviendas no electrificadas en la zona rural.

$$Fac A: N \times [1 - 0.4 \times N + 0.4 \times (N^2 + 40)^{0.5}]$$

Ecuación 1. Factor "A" demanda REA

Fuente: (Villar,2010)

$$Fac A: 7 \times [1 - 0.4 \times 7 + 0.4 \times (7^2 + 40)^{0.5}]$$

$$Fac A: 13.8151$$

El factor B se considera el consumo específico por beneficiario en este caso sería por vivienda. En la tabla 3 se muestra el consumo específico promedio de las viviendas.

Tabla 3. Consumo Promedio Mensual Por Vivienda

Aparato Eléctrico	Potencia Sensible	Potencia Latente	Cantidad	Horas de Uso Diario	Días/mes	Factor de Carga	Energía Sensible (kWh/mes)	Energía Latente (kWh/mes)
Iluminación	20	5	5	8	30	0.9	21,600	5,400
Televisores	100	10	1	10	30	0.9	27,000	2,700
Refrigerador	120	22	1	24	30	0.25	21,600	3,960
Ventiladores	100	3	3	11	30	0.6	59,400	1,782
estufa sin horno	1,000	150	1	0.2	15	0.75	2,250	337.5
Microondas	1,000	150	1	0.5	10	0.8	4,000	600
Equipo de sonido	50	7.5	1	3	6	0.9	810	121.5
TOTAL SENSIBLE/LATENTE							136,660	14,901
TOTAL kWh/mes							151,561	151.561

Fuente: Elaboración Propia.

El factor B resulta:

$$Fac B: 0.005925(Cesp)^{0.885}$$

Ecuación 2. Factor "B" demanda REA

Fuente: (Villar,2010)

$$Fac B: 0.005925(151.561)^{0.885}$$

$$Fac B: 0.50409$$

Como la última parte del método REA calculamos la potencia mínima requerida para el área no electrificada promedio se presenta a continuación:

Potencia: (FacA)(FacB)
Ecuación 3. Cálculo de potencia mínima requerida

Fuente: (Vllar,2010)

Potencia: (13.8151)(0.50409)

Potencia: 6.96 KW

5.3 BIODIGESTOR

Se utilizará un biodigestor de modelo horizontal debido a la fácil utilización e instalación. Además de que necesitaremos un tiempo de retención para utilizar al máximo la fermentación de las aguas mieles del café.

5.3.1 DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR

Según los manuales de instalación de bolsa de biodigestor, se recomienda llenar en un 70% de su capacidad de volumen total y dejar un 30% para la captación de del biogás. (3 Panel I Biogas.pdf, s. f.)

para una mejor captación del Biodigestor se usará el siguiente esquema:

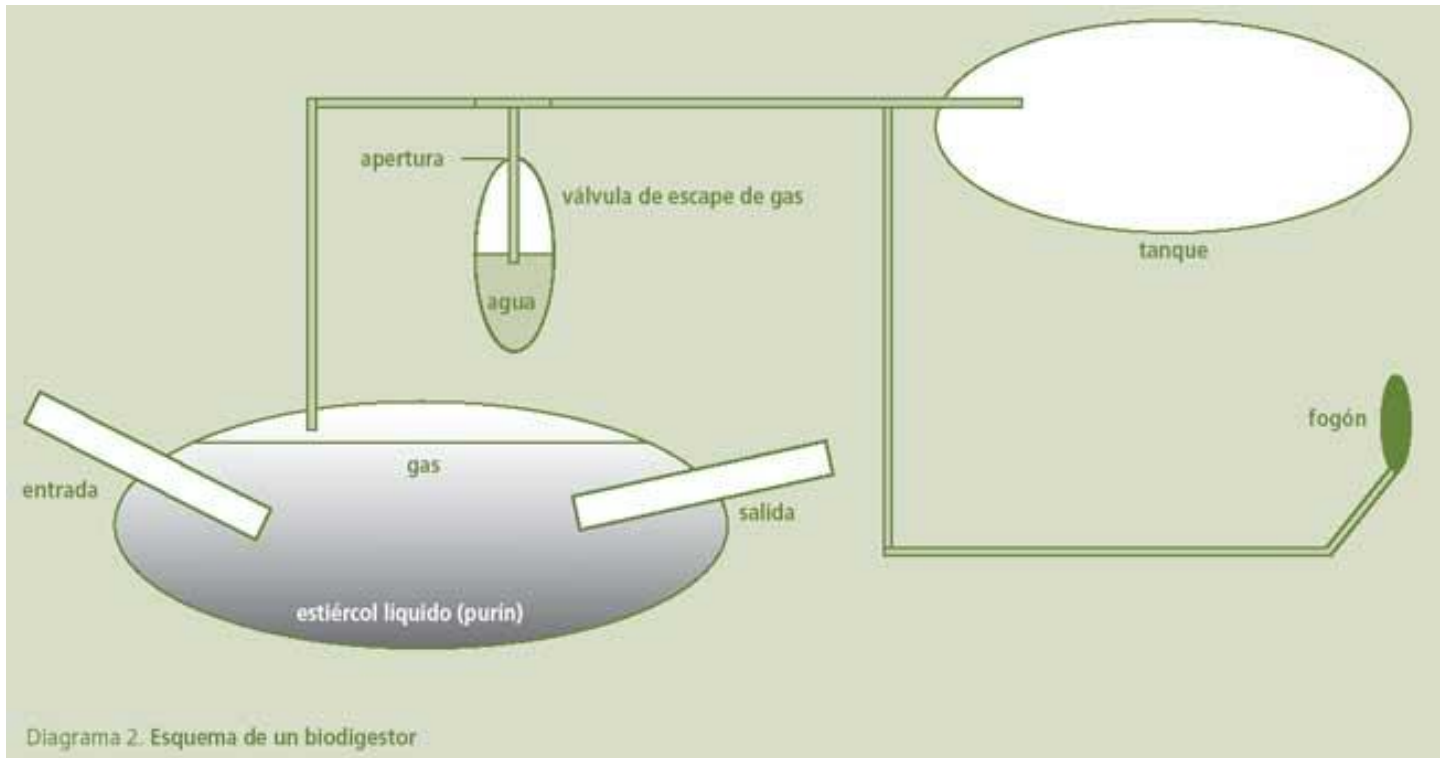


Ilustración 12. Esquema de un Biodigestor

Fuente: (LEISA, Agroecología)

El Biodigestor estará compuesto por las siguientes partes:

- Entrada del afluente
- 2 bolsas de propilietileno
- Salida del afluente
- Válvula de escape de gas
- tubería

El dimensionamiento de la bolsa que se necesitara depende de la cantidad de biogás que se ocupa generar y esto sometido a la capacidad del generador que implementemos.

En el proyecto se instalará un generador que tiene como potencia 3KW a continuación se da a conocer los datos generales del generador.

Tabla 4. Datos generales del generador

DETALLES	CANTIDAD	UNIDADES
Marca	Teenwin	N/A
Rango de voltaje	400/230	V
Frecuencia	50/60	Hz
Potencia nominal	3	KW
Alimentación	Biogás o LPG	N/A
Consumo de gas	1.4	M3/h
Capacidad de aceite	0.55	L

Fuente: Elaboración propia.

Conociendo los datos generales del generador se puede calcular la cantidad de Biogás que se necesitan producir para poder mantener el generador las 24 Horas.

Una investigación que fue realizada por la Escuela Panamericana de Agricultura (ZAMORANO) se obtuvo que de las aguas mieles del café se pueden obtener 0.12 m³ de Biogás en el día de una muestra de 18.93 L de aguas mieles en un tiempo de retención de 27 días produciendo a partir del 4 día de retención. *(Producción de biogás a partir de aguas mieles y pu.pdf, s. f.)*

El generador requiere de una cantidad de 1.4 m³ en un término de una hora para poder entregar 5KW.

El cálculo de la cantidad que se necesita generar está dado por la siguiente formula:

$PB = \text{cantidad de biogas requerida por hora} \times \text{cantidad de horas a utilizar}$

Ecuación 4. Generación requerida de Biogás diaria

Fuente: (zamorano,2018)

$$PB = 1.4m^3 \times 12h$$

$$PB = 16.8 m^3/dia$$

Según lo planteado en el estudio del Zamorano se puede utilizar una regla de 3 para saber cuántos litros de aguas mieles se necesitan para poder generar 33.6m³/día de biogás.

El cálculo para la cantidad de aguas mieles está dado por la siguiente proporción:

$$19L \rightarrow 0.12m^3$$

$$X \rightarrow 16.8m^3$$

Ecuación 5. Proporción de agua miel para la generación de biogás

Fuente: (Zamorano,2018)

Siendo

X: cantidad de aguas mieles necesarias para producir 33.6m³ de biogás

Se obtuvo que para poder generar 16.8m³ de biogás se necesitan 2,660 litros de aguas mieles para un tiempo de retención de 27 días.

A partir de los datos obtenidos se dimensiona el tamaño de las bolsas que se necesitarán para el almacenamiento del biogás y para depositar las aguas donde serán retenidas.

Por lo planteado anteriormente sabemos que se necesita que la bolsa en donde permanecerá

las aguas mieles únicamente puede albergar el 70% de su volumen total y el otro 30% se necesita para la liberación del Biogás.

Por lo antes mencionado se necesita una bolsa de 3m³ para la retención de las aguas mieles.

La bolsa de almacenamiento de biogás se requiere de 17 m³.

5.4 MONTAJE DEL BIODIGESTOR.

Para el montaje del biodigestor es necesario realizar obra gris en el predio en donde será instalado. Algunas de las obras a realizar son:

- Zanja para la bolsa de retención.
- Pequeña caja de carga de afluente.
- Tubería de conducción de las aguas mieles.
- Tanque de recepción del biol.

5.4.1 ZANJA PARA LA BOLSA DE RETENCIÓN

La zanja en donde será ubicada la bolsa del biodigestor en la cual se retendrá las aguas mieles puede ser de hecha de concreto o únicamente puesta sobre la tierra. Para fines de economía se hará en tierra.

Se necesita que el terreno donde será ubicada este sin objetos corto punsantes que puedan dañar la bolsa y hacer que el biogás se libere.

La zanja deberá de contar con las siguientes medidas:

Tabla 5. Medidas de la zanja

Dimensiones	Medidas
Largo	7 m

Ancho	1 m
Altura	0.60 m

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 CAJA DE CARGA DEL AFLUENTE

La caja de carga tendrá la función de poder captar un volumen de agua miel para luego ser introducido poco a poco a la bolsa de retención.

Necesariamente deberá de ser construida por concreto ya que si es construida en tierra esta tendrá filtraciones y no podremos captar el volumen requerido.

La caja deberá contar con las siguientes medidas:

Tabla 6. Dimensiones de caja de afluente

Dimensiones	Medidas
Largo	3 m
Ancho	2 m
Altura	1 m

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3 TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE AGUAS MIELES

Para la conducción de las aguas mieles se requiere una tubería de un diámetro de 2" para a que la materia pueda fluir de una manera adecuada. Se necesitan 40m de tubería.

Las posiciones de las pilas de tratamiento del café estarán ubicadas a 40m de donde será instalado el biodigestor.

5.4.4 TANQUE DE RECEPCIÓN DEL BIOL.

El biol generado luego de la descomposición total de la materia será utilizado para ser añadido a las fincas de café, logrando una mejor producción de una manera orgánica. El tanque será ubicado de una forma que las personas involucradas tengan opción a poderlo adquirir.

El tanque tendrá una capacidad de almacenamiento de 6m³.

Tabla 7. Dimensiones del tanque de recepción del biol

Dimensiones	Medidas
Largo	3 m
Ancho	2 m
Altura	1 m

Fuente: Elaboración Propia.

5.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO

5.5.1 DATOS GENERALES DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

Para el sistema fotovoltaico se determinó utilizar un modelo TSM-400DE15M(II) marca Tallmax. En la tabla 8 se muestra a detalle las principales características del módulo solar.

Tabla 8. Datos generales del módulo solar

Especificación	Valor	unidad
Dimensiones	2015x996x35	mm
potencia	400	Wp
eficiencia	19.9	%
Vmmp	40.3	V
Impp	9.92	A
Isc	10.45	A

Fuente: Tallmax Datasheet

5.5.2 DATOS GENERALES DEL INVERSOR FOTOVOLTAICO

Los modelos de inversor a utilizar es el SUN2000-2KTL-L1 y el SUN2000-5KTL-L1 de la marca Huawei, se determinó este modelo de inversor ya que se consiguen a buen precio en el mercado y en Honduras se tiene más facilidad de encontrarlos.

En la tabla 9 y 10 se muestran los datos generales de los inversores.

Tabla 9. Datos generales del inversor SUN2000-2KTL-L1

Especificación	Valor	unidad
Max. Eficiencia	98.2	%
Max. Potencia	3,000	Wp
MPPT rango de voltaje	90-600	v
Max. Input	1	N/A
Max.Isc	18	A

Fuente: Huawei

Tabla 10. Datos generales del inversor SUN2000-5KTL-L1

Especificación	Valor	Unidad
Max. Eficiencia	98.4	%
Max. Potencia	7500	Wp
MPPT rango de voltaje	90-600	V
Max. Input	2	N/A
Max.Isc	18	A

Fuente: Huawei.

5.5.3 RADIACIÓN SOLAR DEL SITIO.

La radiación promedio en el año del sitio, que tiene una latitud de 14.96 y una longitud de -88.12, con una altura sobre nivel del mar de 1487m. la irradiación global es de 146.72 KWh/m² y la irradiación difusa promedio es de 67.27 KWh/m² según la base meteorológica Meteonorm 7.2 (2000-2009).

La temperatura promedio del ambiente en el sitio es de 18.15 °C.

5.5.4 CÁLCULO DE INVERSORES.

Según el cálculo de demanda se propone un sistema de 7KWp. Por lo tanto, por motivos de diseño se utilizarán 2 inversores.

Para el cálculo de la cantidad de inversores a utilizare está dado por la siguiente formula.

$$N_{inversores} = \frac{P_{proyecto}}{PDC_{inversor}}$$

Ecuación 6. Numero de inversores

Fuente: (Unodc, energía solar)

N: número de inversores

P: potencia requerida para el sistema

P: Potencia Dc del inversor

$$N_{inversores} = \frac{2KWp}{2KWP}$$

$$N_{inversores} = 1$$

El primer inversor será el modelo de SUN2000-2KTL-L1 solamente se utilizará 1 inversor de la capacidad de 2KWp.

Para el cálculo del segundo inversor debe poder la capacidad de los 5KWp restantes, a continuación, se realizará el cálculo del número de inversor.

$$N_{\text{inversores}} = \frac{5KWp}{5KWp}$$

$$N_{\text{inversores}} = 1$$

Se utilizarán un total de 2 inversores previamente descritos.

5.5.5 CÁLCULO DE MÓDULOS SOLARES.

Teniendo en cuenta la cantidad de inversores que se deben utilizar, se realizarán dos cálculos para saber cuántos módulos irán conectados a cada inversor, el modelo de modulo a utilizar es el TSM-400DE15M(II) con una capacidad de 400Wp.

Para el cálculo de paneles solares se realiza en base a la cantidad de inversores, a continuación, se detalla la fórmula para el cálculo de paneles solares en el inversor SUN2000-5KTL-L1.

$$N_{\text{paneles por entrada MPPT inversor}} = \frac{P_{Dc \text{ inversor}}}{P_{\text{panel}} \times \text{Entradas MPPT}}$$

Ecuación 7. Numero de paneles por MPPT del inversor

Fuente: (Unodc, energía solar)

$$N_{\text{paneles por entrada MPPT inversor}} = \frac{5KWp}{400Wp \times 2}$$

$$N_{\text{paneles por entrada MPPT inversor}} = 6.25 \approx 7$$

En la siguiente se calculará cuantos módulos serán conectados al inversor SUN2000-2KTL-L1.

$$N_{\text{paneles por entrada MPPT inversor}} = \frac{P_{Dc \text{ inversor}}}{P_{\text{panel}} \times \text{Entradas MPPT}}$$

$$N_{\text{paneles por entrada MPPT inversor}} = \frac{2KW_p}{400W_p \times 1}$$

$$N_{\text{paneles por entrada MPPT inversor}} = 5$$

5.5.6 CÁLCULO DE MÓDULOS EN SERIE.

Para los inversores modelo SUN2000-5KTL-L y el modelo se SUN2000-2KTL-L determinará cuantos modulo en serie puede tener cada string.

La siguiente formula determina la cantidad máxima conectada en serie.

$$\text{No paneles max en serie} = \frac{V_{\text{max del inversor}}}{V_{\text{mppt del modulo}}}$$

Ecuación 8. Numero de paneles en serie

Fuente: (Unodc, energía solar)

$$\text{No paneles max en serie} = \frac{600V}{40.3V}$$

$$\text{No paneles max en serie} = 13.82 \approx 14$$

El voltaje total de un string está dado por la siguiente formula:

$$\text{voltaje total en string} = \text{No. modulos en serie} \times V_{\text{mppt}}$$

Ecuación 9. Voltaje total por string

Fuente: (Unodc, energía solar)

$$\text{voltaje total en string} = 14 \times 40.3V$$

$$\text{voltaje total en string} = 564.2V$$

5.5.7 CAÍDA DE TENSIONES.

Para el sistema fotovoltaico fue necesario calcular la caída de tensión en AC y DC. Para ello se utilizan fórmulas que nos permiten tener un dato exacto.

En las fórmulas se considera el coeficiente NEC F_s , I_{max} , área del cable, longitud del cable y conductividad del cable.

Para el diseño se utilizará un cable de 4mm de diámetro con una longitud de 45m, esta caída de tensión es la que proviene del arreglo fotovoltaico a los inversores.

Para el cálculo de la caída de tensión se utilizan las siguientes formulas:

$$I_{max} = I_{scMod} \times FS(NEC)$$

Ecuación 10. corriente máxima

Fuente: (Unodc, energía solar)

Donde:

I_{max} : corriente máxima

I_{sc} : corriente en corto circuito del modulo

$F_s(NEC)$: Coeficiente del NEC

$$CT = \frac{2 \times l \times I_{max} \times 1}{\gamma \times S}$$

Ecuación 11. Caída de tensión en DC

Fuente: (Unodc, energía solar)

Donde:

I_{max} : corriente máxima

L : longitud del cable

γ : conductividad del cobre

S : área del cable fotovoltaico

5.5.7.1 Calculo de I_{max}

Para el cálculo de la corriente máxima se utilizan los siguientes datos:

Isc: 10.45 A

Fs(NEC): 1.25

$$I_{max} = 10.45A \times 1.25$$

$$I_{max} = 13.062A$$

5.5.7.2 Calculo de caída de tensión DC

Para el cálculo de la caída de tensión se utilizan los siguientes datos:

I_{max}: 13.062A

L: 45m

Y: 58.50 Sm/mm²

S: 6.0 mm²

$$CT = \frac{2 \times 45m \times 13.062A \times 1}{58.50 \text{ Sm/mm}^2 \times 6.0 \text{ mm}^2}$$

$$CT = 5.0238 V$$

$$CT = \frac{5.0238V}{240V} \times 100\% = 1.39\%$$

La NEC recomienda que la caída de voltaje máxima combinada para el alimentador más el circuito ramal no debe superar el 5% y el máximo en el circuito alimentador o ramal no debe superar el 3%.

5.5.7.3 Calculo de caída de tensión AC

La caída de tensión en AC es la que se mide desde el inversor al centro de carga o de distribución de la energía.

Para el cálculo de la caída de tensión se realiza con las fórmulas que a continuación serán descritas.

La corriente máxima del inversor SUN2000-5KTL-L es dada por la siguiente formula:

$$I_{max} = \frac{\frac{Pot. Maxinversor}{Eficiencia inversor}}{\text{voltaje del sistema}} \times FS(NEC)$$

Ecuación 12. Corriente en caída de tensión AC

Fuente: (Unodc, energía solar)

$$I_{max} = \frac{\frac{5000W}{98.04}}{240V} \times 1.25$$

$$I_{max} = 26.56A$$

Luego para calcular la caída de tensión para el inversor se hace con la siguiente formula:

I_{max}: 26.56A

L: 20 m

Y: 58.50 Sm/mm²

S: 13.30 mm²

$$CT = \frac{2 \times 20m \times 26.56A \times 1}{58.50 \text{ Sm/mm}^2 \times 13.30\text{mm}^2}$$

$$CT = 3.07 V$$

$$CT = \frac{3.07V}{240V} \times 100\% = 1.28\%$$

La corriente máxima del inversor SUN2000-2KTL-L es dada por la siguiente formula:

$$I_{max} = \frac{\frac{Pot. Maxinversor}{Eficiencia inversor}}{\text{voltaje del sistema}} \times FS(NEC)$$

$$I_{max} = \frac{\frac{2000W}{98.2}}{240V} \times 1.25$$

$$I_{max} = 10.60A$$

Luego para calcular la caída de tensión para el inversor se hace con la siguiente formula:

I_{max} : 10.60A

L: 20 m

Y: 58.50 Sm/mm²

S: 13.30 mm²

$$CT = \frac{2 \times 20m \times 10.60A \times 1}{58.50 \text{ Sm/mm}^2 \times 13.30\text{mm}^2}$$

$$CT = 1.22 V$$

$$CT = \frac{3.07V}{240V} \times 100\% = 0.51\%$$

5.5.8 CALCULO DE BATERÍAS.

La capacidad para almacenar energía está dada por las unidades (A/H) Amperio-hora.

Se necesita conocer primero el consumo de energía diario medido en Ah/día. Para eso a continuación se describe la siguiente formula:

$$capacidad = \frac{\text{consumo diario} \times \text{dias de autonomia}}{Pd \times V_{instalacion}}$$

Ecuación 13. capacidad del sistema FV

Fuente: (Unodc, energía solar)

Siendo

Consumo diario: 5,866.867 KW/h

Días de autonomía: 12 horas de autonomía

Pd: profundidad de descarga 60%

Vinstalación: voltaje de la instalación de 12V

El consumo que se obtuvo es de 4,889.06 KW/h según la literatura se debe considerar un 20% más por motivos de seguridad.

$$capacidad = \frac{5866.867 \frac{KW}{h} \times 0.333DIA}{0.6 \times 12V}$$

$$capacidad = 407.421 Ah$$

Las baterías propuestas son solar block de 12/75A

Para calcular el número de baterías que se necesitan utilizaremos la siguiente formula:

$$numero\ de\ baterias = \frac{capacidad\ del\ sistema}{amperaje\ de\ la\ bateria}$$

Ecuación 14. Numero de baterías

Fuente: (Unodc , energía solar)

$$numero\ de\ baterias = \frac{407.421Ah}{75A}$$

$$numero\ de\ baterias = 5.43 = 6$$

5.5.9 DISEÑO FINAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Con lo previamente obtenido se puede diseñar el sistema fotovoltaico.

Para el inversor SUN2000-5KTL-L tiene una capacidad máxima de paneles conectados en serie por cada entrada de 14 paneles. Debido a que se está trabajando con las condiciones STC (estándar de control), por lo antes calculado el inversor cuenta con 2 entradas Mppt.

En el diseño de las cadenas se utilizarán 2 cadenas en paralelo de 7 paneles en serie.

Para el inversor SUN2000-2KTL-L tiene una capacidad máxima de paneles conectados en serie por cada entrada de 14 paneles. Debido a que se está trabajando con las condiciones STC (estándar de control), por lo antes calculado el inversor cuenta con 1 entradas Mppt.

Siendo que únicamente se cuenta con una sola entrada entonces se utilizara una única cadena de 5 paneles en serie.

En la tabla 11 se hace un breve resumen de las conexiones

Tabla 11. Resumen de arreglo fotovoltaico

Nombre	Numero de inversores	cadena	serie	paralelo	TOTAL DE MODULOS
INVERSOR SUN2000-5KTL-L	1	2	7	2	14
INVERSOR SUN2000-2KTL-L	1	1	5	0	5
					19

Fuente: Elaboración Propia.

Las caídas de tensiones para AC y DC fueron calculadas por las fórmulas que fueron descritas anteriormente. La caída de tensión en DC fue de 1.39% un valor que está dentro del rango recomendado por el NEC. La caída de tensión en AC para el inversor SUN2000-5KTL-L es de 1.28% y para el inversor SUN2000-2KTL-L fue de 0.51%.

En la tabla 12 se detallan las caídas de tensión.

Tabla 12. Caídas de Tensión AC y DC

Nombre	caídas de tensión DC	Caídas de tensión AC
INVERSOR SUN2000-5KTL-L	1.39%	1.28%
INVERSOR SUN2000-2KTL-L	1.39%	0.51%

Fuente: Elaboración Propia.

5.6 CÁLCULO DEL COSTO DE LA MICRORRED

Para el cálculo del costo, se elaboró cotizaciones con los materiales que se encuentran cerca del sitio, y otros accesorios se cotizaron por internet ya que en el mercado nacional no se encuentran muy fácilmente.

5.6.1. COSTO DEL BIODIGESTOR

5.6.1.1 Calculo del costo de la zanja del Biodigestor.

Tabla 13. Costo de la zanja del Biodigestor

Profesión	costo del día	número de días trabajados	total
Constructor de obra	L 350.00	4	L 1,400.00
ayudante	L 200.00	2	L 400.00
		costo total	L 1,800.00

Fuente: Elaboración propia.

5.6.1.2 Calculo de la caja carga de afluente.

Tabla 14. costo de caja carga de afluente

PERSONAS	costo del día	número de días trabajados	total
Constructor de obra	L 350.00	5	L 1,750.00
ayudante	L 200.00	3	L 600.00
		TOTAL	L 2,350.00

Materiales	costo de material	cantidad	total
bloque macizo 6"	L 20.00	110	L 2,200.00
cemento Bijao	L 198.00	3	L 594.00
paladas arena	L 3.00	95	L 285.00
varilla 1/4 Legitima	L 3.00	43.48	L 130.44
varilla 3/8 milimétrica	L 2.00	84.5	L 169.00
alambre amarre	L 4.00	10	L 40.00
		TOTAL	L 3,418.44
		TOTAL	L 5,768.44

Fuente: Elaboración propia.

5.6.1.3 Calculo de la Tubería de conducción de las aguas mieles

Tabla 15. Tubería de conducción

PERSONAS	costo del día	número de días trabajados	total
constructor de obra	L 350.00	2	L 700.00
ayudante	L 200.00	2	L 400.00
		TOTAL	L 1,100.00

Materiales	costo de material	cantidad	total
tubo PVC 3pulg SDR26	L 235.00	7	L 1,645.00
Válvulas	L 414.00	1	L 414.00
Codos	L 23.00	1	L 23.00
pegamento PVC	L 337.00	1	L 337.00
		TOTAL	L 2,419.00
		TOTAL	L 3,519.00

Fuente: Elaboración propia.

5.6.1.4 Tanque de recepción del biol.

Tabla 16. Costo tanque de recepción del biol

PERSONAS	costo del día	número de días trabajados	total
Constructor de obra	L 350.00	5	L 1,750.00
ayudante	L 200.00	3	L 600.00
		TOTAL	L 2,350.00

Materiales	costo de material	cantidad	total
bloque macizo 6"	L 20.00	110	L 2,200.00
cemento Bijao	L 198.00	3	L 594.00
paladas arena	L 3.00	95	L 285.00
varilla 1/4 Legitima	L 3.00	43.48	L 130.44
varilla 3/8 milimétrica	L 2.00	84.5	L 169.00
alambre amarre	L 4.00	10	L 40.00
		TOTAL	L 3,418.44
		TOTAL	L 5,768.44

Fuente: Elaboración propia.

5.6.1.5 Equipo del Biodigestor y generador

Tabla 17. Costo del equipo

Materiales	costo de material	cantidad	total
Generador 3KW	L 11,106.00	1	L 11,106.00
Bolsa de retención (5m3)	L 18,000.00	1	L 18,000.00
Bolsa de Biogás(40m3)	L 18,000.00	4	L 72,000.00
instalación	L 15,000.00	1	L 15,000.00
		TOTAL	L 116,106.00

Fuente: Elaboración propia.

5.6.1.5 Costo total.

Tabla 18. costo total del Biodigestor

Actividades	Costos
zanja del Biodigestor	L 1,800.00
caja carga de afluente	L 5,768.44
tubería de conducción	L 3,519.00
tanque recepción del biol	L 5,768.44
Biodigestor y generador	L 116,106.00
TOTAL	L 132,961.88

Fuente: Elaboración propia

5.6.1. COSTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Tabla 19. Costo del sistema fotovoltaico

Materiales	Costos de material	cantidad	total
inversor SUN2000-2KTL-L1	L 15,254.91	1	L 15,254.91
inversor SUN2000-5KTL-L1	L 22,870.20	1	L 22,870.20
Módulo TSM-400 DE15M(II)	L 2,715.22	19	L 51,589.18
Baterías 12V Solar block	L 4,885.93	4	L 29,315.58
Regulador de carga	L 3,473.82	2	L 6,947.63
		TOTAL	L 125,997.50

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES

1. Se logró mediante el análisis técnico y visitas de campo se pudo implementar una microrred. A través del proyecto de la microrred se cubrirán las necesidades de una vivienda unifamiliar ya que el acceso a la energía eléctrica representa una fuente de desarrollo para la calidad de vida de los habitantes además que podrán automatizar ciertos procesos que antes los hacían manualmente de esta manera poder mejorar la economía de cada hogar y aumentar la rentabilidad de las cosechas de café.
2. Luego de las visitas de campo realizadas a la comunidad y observar sus casas de habitación se realizaron los cálculos teóricos analizados por el método REA (Rural Electricity Administration) obteniendo que la comunidad requiere una potencia de 6.96 KW y un consumo promedio por vivienda de 151.561 KWh/mes.
3. Al utilizar en programa de dimensionamientos fotovoltaicos se logró obtener la radiación promedio del sitio que fue de 4.824 KWh/m²/día.
4. Estructurados los aspectos técnicos y de diseño del proyecto tales como el equipo del biodigestor, paneles solares, mano de obra calificada y no calificada se obtuvieron los insumos necesarios para poder tener un costo aproximado para el proyecto el cual alcanzo un monto de 258,959.38 Lps.
5. Al evaluar el diseño mediante el software PVsyst se obtuvo que el sistema fotovoltaico tendrá una generación anual de 13,031 KWh/año y el Biodigestor aportará 6,570 KWh/año de esta forma se logra satisfacer la demanda de energía eléctrica de la comunidad.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para que el proyecto sea un éxito se sugiere realizar un proceso de socialización ya que cuando se realizó la visita de campo muchas personas no tenían el conocimiento de que era lo que se quería implementar. De esta forma se rompen paradigmas de que solo energía eléctrica por fuentes no renovables son las soluciones al problema de la falta de energía eléctrica. Para el proceso de socialización se debe contar con las personas involucradas en el proyecto, de esta forma se garantiza que se está en mutuo acuerdo.
2. En cuanto al uso y mantenimiento de la microrred, se recomienda que previa a la instalación de la misma se debe capacitar a las personas para el uso de los equipos que estarán instalados a un modo de que sepan las cosas básicas y de la misma forma poder dar mantenimiento de esta manera se asegura de que el sistema no va a fallar por algo simple.
3. Para un mejor aprovechamiento de la capacidad del biodigestor, se recomienda a la comunidad canalizar las aguas residuales para poder ser utilizadas y de esta manera se podrá generar por más tiempo con el biodigestor. Con esto al aumentar la demanda de energía se podrá utilizar en un 100% la capacidad de generación del biodigestor.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) 3 Panel I Biogas.pdf. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <http://www.oas.org/dsd/Energy/Documents/SimposioG/3%20Panel%20I%20Biogas.pdf>
- 2) As400s.pdf. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- 3) Biodigestores – Unidad de Ecotecnologías, UNAM, Campus Morelia. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/biodigestores-2>
- 4) BOLETINES. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2021, de <http://www.enee.hn/index.php/noticias/boletines>
- 5) Clasificación de Biodigestores. (2020, abril 18). EcolInventos. <https://ecoinventos.com/clasificacion-de-biodigestores/>
- 6) Cómo funciona la energía hidroeléctrica. (s. f.). World Energy Trade. Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/agua-y-vapor/como-funciona-la-energia-hidroelectrica>
- 7) COMSA, C. (2020, enero 13). El Biol, nuestro mejor aliado. COMSA. <https://www.comsa.hn/el-biol-nuestro-mejor-aliado/>
- 8) ¿Cuáles son los tipos de energía solar? – Qmax. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://qmax.com.ar/negocios/tipos-de-energia-solar/>
- 9) Energía solar. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://solar-energia.net/> <https://www.factorenergia.com/wp-content/uploads/2016/06/emiliresp.jpg>, E. R. S. fundador de factorenergia. (s. f.). Energías renovables: Características, tipos y nuevos retos. factorenergia. Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>
- 10) Introducción a las Microrredes. (s. f.). CENER - Centro Nacional de Energías Renovables. Recuperado 14 de febrero de 2021, de <http://www.cener.com/introduccion-a-las-microrredes/>
- 11) junio, A. on 7, & Blog, 2018 in. (2018, junio 7). Qué es la energía termosolar y cómo funciona. Arsinger. <https://arsinger.com/que-es-la-energia-termsolar-y-como-funciona/>
- 12) La importancia de las energías renovables | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>

- 13) Las Microrredes Eléctricas y la Transición Energética de México. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <http://transicionenergetica.ineel.mx/Revista.mvc/CD3n1v1>
- 14) Libro_energia_biomasa.pdf. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_biomasa.pdf
- 15) LOS TRES TIPOS DE MATERIA ORGÁNICA - AGRI-CROP. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://sites.google.com/site/agricrop4/los-tres-tipos-de-materia-organica>
- 16) Método Rea | Consumo (economía) | Estadísticas. (s. f.). Scribd. Recuperado 15 de febrero de 2021, de <https://es.scribd.com/document/261732991/Metodo-Rea>
- 17) Objetivos de Desarrollo. (2015, noviembre 17). ONU. <https://guatemala.un.org/objetivos-de-desarrollo/>
- 18) P030153316_TFM_14867660672271275997430684805011.pdf. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83964/P030153316_TFM_14867660672271275997430684805011.pdf?sequence=2
- 19) Principales componentes de una instalación fotovoltaica. (2020, enero 9). Alusín Solar. <https://alusinsolar.com/principales-componentes-de-una-instalacion-fotovoltaica/>
- 20) Producción de biogás a partir de aguas mieles y pu.pdf. (s. f.). Recuperado 27 de febrero de 2021, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/454/1/IAD-2011-T004.pdf>
- 21) ¿Qué es la biomasa? Centrales de energía de la biomasa. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://www.fundacionendesa.org/es/centrales-renovables/a201908-central-de-biomasa.html>
- 22) ¿Qué es una microrred? (s. f.). Enel X. Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://www.enelx.com/es/faq/eindustry/Qué%20es%20una%20microrred>
- 23) Santa Bárbara – INE. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2021, de <https://www.ine.gob.hn/V3/seccion/Santa-Barbara>
- 24) SuriaEnergy. (s. f.). Tipos de instalaciones solares: On-grid, off-grid e híbridos. SuriaEnergy - Proyectos, instalación y ventas de energía solar. Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://www.suriaenergy.com/tipos-de-instalaciones-solares-ongrid-offgrid-e-hibridos>
- 25) Tipos de Placas Solares | Según Tecnología y Aplicaciones. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/>
- 26) Valencia, N. R., & Franco, D. A. Z. (s. f.). LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ: FUENTE DE

ENERGÍA RENOVABLE. 8.