UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA HIBRIDO DE ENERGÍA RENOVABLE SOLAR-BIOMASA PARA SATISFACER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CENTRO POBLADO EL AFLUENTE-RIOJA-SAN MARTIN”

Autor:

Bach. JOSÉ SAUL RUIZ TRUJILLO

Asesor:

Msc. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA

LAMBAYEQUE – PERÚ

Abril del 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA HIBRIDO DE ENERGÍA RENOVABLE SOLAR-BIOMASA PARA SATISFACER LA DEMANDA ELÉCTRICO DEL CENTRO POBLADO EL AFLUENTE-RIOJA-SAN MARTIN”

Autor:

Bach. JOSÉ SAUL RUIZ TRUJILLO

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: MSc. SEGUNDO ABELARDO HORNA TORRES

SECRETARIO: Dr. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

MIEMBRO: Ing. TEOBALDO JULCA OROZCO

ASESOR: MSc. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA

Lambayeque – Perú

Abril del 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA HIBRIDO DE ENERGÍA RENOVABLE SOLAR-BIOMASA PARA SATISFACER LA DEMANDA ELÉCTRICO DEL CENTRO POBLADO EL AFLUENTE-RIOJA-SAN MARTIN”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**.**

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES**.**

AUTOR: Bach. **JOSÉ SAUL RUIZ TRUJILLO**

PRESIDENTE	SECRETARIO
MIEMBRO	ASESOR

Lambayeque – Perú

Abril del 2019

DEDICATORIA

A mi Dios A Dios,

Por protegerme durante todo mi camino

y darme las fuerzas necesarias para superar

obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

A mi Madre

A mis Hermanos

A mi Familia

A mis Amigos

Bach: José Saul Ruiz Trujillo

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, alma mater que me ha facilitado el desarrollo académico y profesional.

Al Msc. Juan Antonio Tumialan Hinostroza, asesor de la tesis, por sus aportes y orientación en la realización de este trabajo de suficiencia profesional.

Bach: José Saul Ruiz Trujillo

RESUMEN

El objetivo general de este examen de suficiencia profesional fue de Dimensionar un sistema un sistema hibrido de energía renovable solar-biomasa entonces electrificaremos el centro poblado El Afluente en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin. El tipo de investigación es aplicada pues se centra específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas, este se utilizó los conocimientos de sistemas fotovoltaicos y de biomasa con la finalidad de solucionar un problema real que es la falta de suministro de energía eléctrica en el Centro poblado El Afluente ubicado en Rioja. Como resultado del proceso de cálculo se obtuvo lo siguiente: Se calculo la energía promedio diaria proyectada para las unidades de vivienda y el local comunal haciendo un total de 22,960 kWh. La máxima demanda es de 8,35 kW. Para 42 viviendas proyectadas y 01 local comunal. De los datos recopilados del SENAMHI (Atlas 2003) se ha obtenido un valor de 4,25 kWh/m^2/día, según la NASA se ha obtenido un valor de 3,64 kWh/m^2/día, para los cálculos se ha considerado en el sistema fotovoltaico el método del peor mes. Se dimensiono el sistema solar-biomasa el cual está compuesto por 01 biodigestor, 24 paneles fotovoltaicos de 200 Wp de la marca Waaree, 16 baterías de acumuladores 150 Ah de la marca RITAR, 02 reguladores de carga 150/60 y 01 inversor 48/6000-230 V. Con respecto de la red secundaria el conductor eléctrico a utilizar que cumple con el requerimiento es 1x16/25. El sistema solar-biomasa tiene un costo referencial de S/. 186 726,94

Palabras clave: biodigestor**,** panel fotovoltaico, inversor, controlador

ABSTRACT

The general objective of this examination of professional proficiency was the control system of solar energy, solar energy and electric power. The type of research is an application that focuses on general practices. His motivation goes towards the resolution of the problems, this refers to the knowledge of photovoltaic systems and biomass in order to solve a real problem that is the lack of supply of electricity in the El Afluente town center located in Rioja. As a result of the calculation process, the following was obtained: Calculation of the daily average energy projected for the housing units and the local community making a total of 22,960 kWh. The maximum demand is 8,35 kW. For 42 projected and 01 communal homes. From the data collected from SENAMHI (Atlas 2003) a value of 4.25 kWh / m^2 / day has been obtained, according to NASA, a value of 3,64 kWh / m^2 / day has been obtained for calculations The worst month method has been considered in the photovoltaic system. The solar-biomass system which is composed of 01 biodigester, 24 200 Wp photovoltaic panels of the Waaree brand, 16 accumulator batteries 150 Ah of the RITAR brand, 02 charge regulators 150/60 and 01 inverter 48/6000 is dimensioned -230 V. 1x16 / 25. The solar-biomass system has a referential cost of S/. 186 726,94

Keywords: biodigester, photovoltaic panel, inverter, controller.

ÍNDICE

DEDICATORIA IV
AGRADECIMIENTO V
RESUMEN VI
ABSTRACT VII
ÍNDICE VIII
ÍNDICE DE TABLAS X
ÍNDICE DE FIGURAS XI
INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 2
1.1. Realidad Problemática 2
1.2. Formulación del Problema 2
1.3. Delimitación de la Investigación 2
1.3.1. Delimitación espacial 2
1.3.2. Delimitación temporal 7
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación 7
1.5. Limitaciones de la Investigación 8
1.6. Objetivos 8
1.6.1. Objetivo General 8
1.6.2. Objetivo Específicos 8
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 9
2.1. Antecedentes de Estudios 9
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado 19
2.2.2. Sistema con Biomasa 42
2.2.3. Sistema de generación hibrido 55
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada. 57
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO 62
3.1. Tipo y diseño de investigación 62
3.2. Población y muestra 64
3.3. Hipótesis 64

3.4. Variables - Operacionalización 64
3.5. Métodos y Técnicas de investigación 66
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados 67
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos 67
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN 68
4.1. Propuesta de la investigación 68
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS..... 70
5.1. Cálculo de la demanda de energía y máxima demanda en el centro poblado El Afluente 70
5.2. Datos de irradiación solar en el centro poblado El Afluente 76
5.3. Cálculo del sistema con biomasa 79
5.3.1. Volumen del biodigestor 82
5.4. Cálculo del sistema fotovoltaico 86
5.5. Dimensionamiento del sistema de distribución en 220 V 92
5.5.1. Cálculos eléctricos 92
5.6. Metrado y presupuesto 97
5.6.1. Metrado y presupuesto del sistema fotovoltaico 97
5.6.2. Presupuesto Total 98
CAPITULO VI: CONCLUSIONES 99
6.1. Conclusiones 99
BIBLIOGRAFÍA 100
ANEXOS 102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Ubicación geográfica del centro poblado El Afluente 3
Tabla N° 2: Tensión de trabajo del banco de baterías 36
Tabla N° 3: Composición típica del biogas 45
Tabla N° 4: Componentes del sistema de alimentación de combustible 51
Tabla N° 5: Operacionalización de variables 65
Tabla N° 6: Tecnicas e instrumentos 67
Tabla N° 7: Población en el distrito de Pardo Miguel-Rioja según el censo 1993 70
Tabla N° 8: Población del distrito Pardo Miguel- Rioja según el censo 2005 71
Tabla N° 9: población en el distrito de Pardo Miguel-Rioja 71
Tabla N° 10: población del distrito Pardo Miguel según censo 2017..... 73
Tabla N° 11: Tasa de crecimiento poblacional para el centro poblado El Afluente 74
Tabla N° 12: Energía promedia diaria para uso doméstico en el Centro poblado El Afluente- Rioja 75
Tabla N° 13: Energía eléctrica para el local comunal 76
Tabla N° 14: Ganado vacuno en el caserío el Afluente 80
Tabla N° 15: Cantidad de biogas producido 81
Tabla N° 16: dimensiones del biodigestor propuesto 85
Tabla N° 17: Caída de tensión C-I 93
Tabla N° 18:Caida de tensión del C-II 96
Tabla N° 19: Características de los cables autoportantes 96
Tabla N° 20: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema SOLAR-BIOMASA 97
Tabla N° 21: Presupuesto total 98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del centro poblado El Afluente 5
Figura N° 2: Temperatura máxima y mínima promedio en Rioja-San Martin 6
Figura N° 3: Instalación fotovoltaica aislada de la red eléctrica 21
Figura N° 4: Esquema de un sistema fotovoltaico 22
Figura N° 5: Panel fotovoltaico 24
Figura N° 6: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos 25
Figura N° 7: Conexión serie/paralelo de módulos fotovoltaicos 26
Figura N° 8: Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación 27
Figura N° 9: Conexiones del controlador en una instalación fotovoltaica 28
Figura N° 10: Tipos de reguladores de carga 31
Figura N° 11: inversor para sistema fotovoltaico 32
Figura N° 12: Baterías parasistemas fotovoltaicos 35
Figura N° 13: conexión de baterías 40
Figura N° 14: producción de la biomasa 43
Figura N° 15: biodigestor de globo 46
Figura N° 16: biodigestor de domo fijo 48
Figura N° 17: Biodigestor de domo flotante 49
Figura N° 18: Sistema de alimentación de combustible 51
Figura N° 19: Ingreso a la página web de la NASA 77
Figura N° 20: Ingreso a Múltiple Data Access 78
Figura N° 21: Datos de irradiación solar según la NASA 78
Figura N° 22: Comparación de datos de irradiación solar 79
Figura N° 23: biodigestor de cúpula fija 82
Figura N° 24: Biodigestor propuesto 84
Figura N° 25: Paneles fotovoltaicas Waaree de 200 Wp 87
Figura N° 26: Batería RITAR se150 Ah 88
Figura N° 27:Controlador 150/60 VICTRON ENERGY 89
Figura N° 28: sistema solar-biomasa 91
Figura N° 29: Diagrama de carga C-I 94

Figura N° 30: Diagrama de carga C-II 95

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como finalidad Utilizar la energía solar y la biomasa solar fotovoltaica para generar energía eléctrica en el centro poblado El Afluente ubicado en el distrito de Pardo Miguel provincia de Rioja en el departamento de San Martin. El examen de suficiencia profesional inicia en el primer capítulo con una descripción de la realidad problemática actual en centro poblado El Afluente, luego se redactan los objetivos específicos con la finalidad de lograr el objetivo general. En el siguiente capítulo, se presenta los estudios anteriores información tesis, proyectos relacionados con nuestro tema investigación que sustentan y avalan el examen de suficiencia (antecedentes de la investigación).

En el Capítulo III, se describe el marco metodológico que es la respuesta al cómo se va a realizar la investigación desde la recolección de datos , procesamiento hasta obtención de los resultados. Luego en el capítulo IV se describe la propuesta que va dar una solución a la realidad problemática existente.

En el Capítulo V se presenta los resultados obtenidos el dimensionamiento y selección de equipos hasta el presupuesto.

Por último, se describe las conclusiones a las que se llegó de acuerdo a los objetivos específicos planteados inicialmente en este trabajo de investigación y por último se adjuntan los anexos.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

En el Centro poblado el centro poblado El Afluente en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin, se ha observado que aún no cuenta con servicio de energía eléctrica. Los habitantes se dedican a la ganadería. Los habitantes son de bajos recursos económicos por lo que su calidad de vida no es favorable. Como fuentes de iluminación utilizan las velas, mecheros, los cuales son tóxicos para la salud humana.

Al hacer una investigación encontramos a nuestro problema posibles soluciones y una de ellas es aprovechar la energía solar y la biomasa de los residuos orgánicos del ganado vacuno para poder la demanda energética del centro poblado.

1.2. Formulación del Problema

¿Con el "dimensionamiento de un sistema hibrido de energía renovable solar-biomasa se podrá satisfacer la demanda eléctrica del centro poblado El Afluente ubicado en Rioja en el departamento de San Martín?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

El siguiente trabajo de investigación se desarrollará en el centro poblado El

Afluente en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin.

Tabla N° 1: Ubicación geográfica del centro poblado El Afluente[1]

Latitud	-5.66491166600
Longitud	-77.6939216670

El centro poblado El Afluente se encuentra ubicado en el distrito de Pardo Miguel.

El **distrito peruano de Pardo Miguel**[2] El distrito de Pardo Miguel es uno de los nueve distritos que conforman la provincia de Rioja en el departamento de San Martín, bajo la administración del Gobierno Regional de San Martín en el Perú. Su capital es el poblado de Naranjos ubicado a 954 msnm.

Desde el punto de vista jerárquico de la Iglesia católica forma parte de la Prelatura de Moyobamba, sufragánea de la Metropolitana de Trujillo y encomendada por la Santa Sedea la Archidiócesis de Toledo en España.

El Distrito de Pardo Miguel[3] -pertenece a la Provincia de Rioja, Departamento de San Martin. Además, se ubica en el plano ecológico de la selva Alta a la margen del Rio Naranjos. A una distancia de 52 Km. de Rioja y 72 Km. de la capital de San Martin (Moyobamba).

[1] http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/
[2] https://www.iperu.org/distrito-de-pardo-miguel-provincia-de-rioja
[3] http://www.munipardomiguel.gob.pe/portal/historia

Interrumpiendo la tranquilidad de la majestuosa selva en el año de 1972 un grupo de ciudadanos Amazonenses del Distrito de Olleros, Provincia de Chachapoyas, impulsados por su coraje y espíritu aventurero siguiendo el curso del rio que parecía guiarlos silenciosa y sabiamente, llegaron para sentarse en estas prodigiosas tierras.

El distrito limita con:

Norte: con la provincia de Moyobamba.

Sur: con las provincias de Bongará (dpto. de Amazonas) y Chachapoyas (dpto. de Amazonas)

Este: con el distrito de Awajun.

Oeste: con la provincia de Bongará (dpto. de Amazonas)

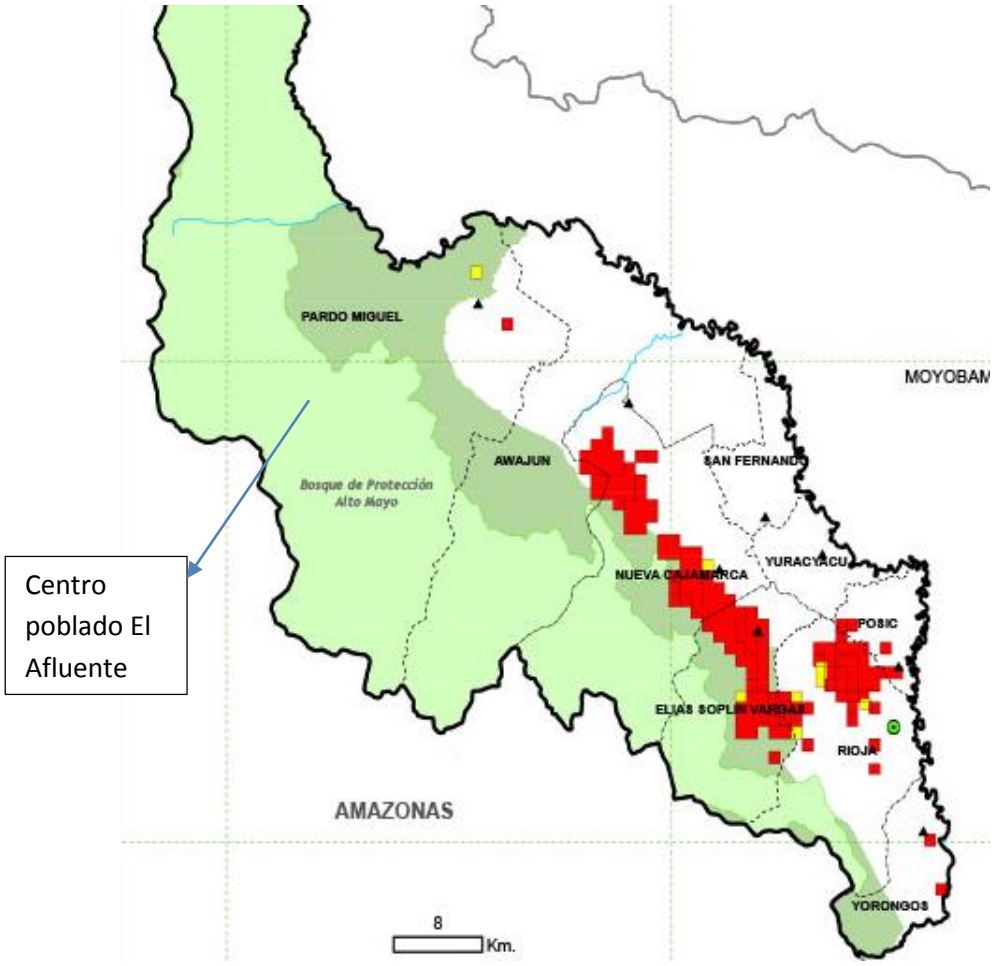


Figura N° 1: Ubicación del centro poblado El Afluente[4]

<u>Temperatura[5]</u>

La *temporada calurosa* dura *1,9 meses*, del *24 de agosto* al *22 de octubre*, y la temperatura máxima promedio diaria es más de *30 °C*. El día más caluroso del año es el *21 de septiembre*, con una temperatura máxima promedio de *31 °C* y una temperatura mínima promedio de *20 °C*.

La *temporada fresca* dura *4,1 meses*, del *15 de marzo* al *17 de julio*, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de *28 °C*. El día más frío del

[4] http://cooperaccion.org.pe/mapas/?region=san-martin&reg=san-martin
[5] https://es.weatherspark.com/y/20572/Clima-promedio-en-Rioja-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o

año es el *13 de julio*, con una temperatura mínima promedio de *18 °C* y máxima promedio de *28 °C*.

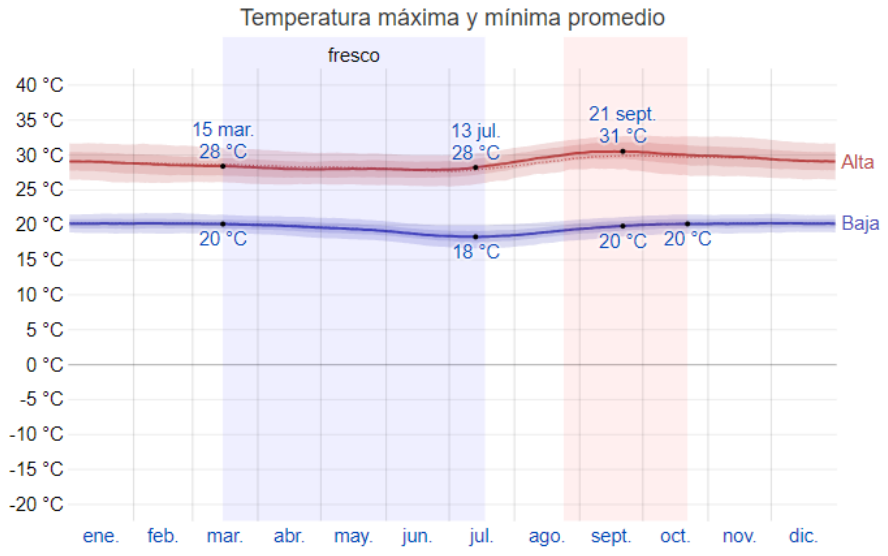


Figura N° 2: Temperatura máxima y mínima promedio en Rioja-San Martin[6]

Viento[7]

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a *10 metros* sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Rioja no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos *0,4 kilómetros por hora* de *6,1 kilómetros por hora*.

[6] Fuente: https://es.weatherspark.com/y/20572/Clima-promedio-en-Rioja-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o
[7] https://es.weatherspark.com/y/20572/Clima-promedio-en-Rioja-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o

1.3.2. Delimitación temporal

El presente trabajo de suficiencia profesional tuvo una duración de 05 meses.

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

El desarrollo e implementación de este trabajo de suficiencia profesional resulta de mucha importancia pues la falta de energía eléctrica evita que un caserío se desarrolle y mejorar la calidad de vida de sus habitantes sea extrema.

Justificación Científica.

Se justifica porque haciendo uso de las teorías científicas en lo referente a sistemas fotovoltaicos y biomasa, se aplica los conocimientos. Este tipo de investigación nos permite fomentar el uso de estas energías renovables como nuevas fuentes de estudio científico.

Justificación Ambiental

La reducción de consumo de combustible tiene como consecuencia directa la disminución de las emisiones de $C0_2$, por lo cual justifica realizar el proyecto, pues no produce impacto ambiental negativo.

Justificación Social

Con el desarrollo y la posterior ejecución de este examen de suficiencia profesional se logrará obtener elementos de producción de energía (calor, luz, electricidad), para mejorar la calidad de vida de los habitantes medio de

la generación de energía y guano fertilizante. Solucionando el servicio de energía eléctrica en localidades rurales inaccesibles.

Justificación Técnica

La electrificación del caserío, se justifica técnicamente debido a que existen mecanismos de tecnología paneles fotovoltaicos y biodigestores, en el cuál con un correcto dimensionamiento, se logra el objetivo deseado. La generación de energía eléctrica con biogás permitirá alcanzar grandes mejoras en el procedimiento y utilización de los desechos orgánicos en el caserío.

1.5. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación queda limitado a los datos de irradiación solar obtenidos del atlas solar del SENAMHI del 2003 y de la NASA.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Dimensionar un sistema un sistema hibrido de energía renovable solar-biomasa entonces electrificaremos el centro poblado El Afluente en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin.

1.6.2. Objetivo Específicos

a) Calcular la demanda de energía eléctrica promedio diario proyectada y la máxima demanda en el caserío.
b) Obtener los datos de irradiación solar
c) Dimensionamiento del sistema con biomasa.

d) Dimensionar el sistema fotovoltaico.

e) Dimensionar el sistema de distribución secundaria.

f) Presupuestar del sistema solar - Biomasa.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

Cito a los siguientes autores en cada uno de los contextos siguientes:

Contexto Internacional

Según **ASPRILLA MOSQUERA (2016)** en su tesis de Maestría titulada "ESTUDIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍA RENOVABLE (SOLAR – GASIFICACIÓN DE BIOMASA) COMO ALTERNATIVA PARA SATISFACER NECESIDADES ENERGÉTICAS EN ZONAS NO

INTERCONECTADAS DEL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ” nos dice que el uso de las energías renovables nace como alternativa para dar solución a los problemas de interconexión eléctrica que se presenta en el mundo, especialmente en las zonas apartadas debido a su difícil acceso; otra razón importante por la cual implementar este tipo de energías es la disminución de los combustibles fósiles (o fuentes no renovables) que se viene presentando, dentro de los cuales está el petróleo, el carbón y el gas natural; combustibles que por uso son grandes contribuyentes en el incremento progresivo de la temperatura del planeta. La implementación de energías renovables que son amigables con el medio ambiente garantiza un desarrollo sostenible y eficiente.

En Colombia, la cobertura del servicio de energía eléctrica para el año 2011 cubría 11.722.128 usuarios. El 95,8% que equivale a 11.229.000 usuarios tenían acceso al servicio de energía eléctrica; mientras que el 4,2% de la población, equivalente a 493.128 usuarios, los cuales pertenecen a las Zonas No Interconectadas, no tienen acceso al servicio de energía eléctrica (UPME PIEC 2014).

En este trabajo se define un sistema híbrido, constituido por un arreglo de paneles y gasificador de biomasa como fuentes renovables de generación, un motor de combustión interna, un banco de baterías para el almacenamiento de energía e inversores DC/AC. A partir de la propuesta se determinó la disponibilidad del recurso solar y de los recursos de biomasa en el Departamento del Chocó.

Los resultados muestran que la implementación de sistemas híbridos (Solar – Biomasa) constituye un sistema de generación de energía autónomo y complementario, de manera que en ausencia de sol el sistema de gasificación suple la demanda requerida y viceversa, además la disminución en los costos que han venido presentando los equipos de energías renovables son motivantes para proceder con la implementación. (ASPRILLA MOSQUERA 2016).

Así mismo Pérez Rosales en su trabajo de tesis: **"DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE POLIETILENO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE GANADO EN EL RANCHO VERÓNICA** en el resumen nos explica que Los combustibles fósiles constituyen el recurso energético más común, actualmente, sin embargo, su alta dependencia en el desarrollo económico y su uso desmedido se ha convertido en una problemática, debido a su escasez y a la contaminación ambiental que produce su utilización.

Lo anterior, ha motivado la necesidad de optar por opciones de fuentes renovables que satisfagan de igual manera la necesidad energética y, a su vez, que garanticen un desarrollo sostenible. (Perezo Rosales 2006)

Al problema de contaminación ambiental que ocasionan los combustibles fósiles, se suma la problemática de la producción descontrolada de residuos sólidos urbanos, que crece que debido a la economía de consumo y a los desarrollos tecnológicos creando la necesidad de gestionarlos, controladamente, además del aprovechamiento posterior a su producción.

En este sentido, mediante la alternativa del vertedero controlado se mitiga el problema transformando la fracción orgánica de dichos residuos, mediante fermentación anaerobia, en un subproducto (biogás) que, energéticamente, es aprovechable, compuesto, principalmente, de metano y dióxido de carbono. (Perezo Rosales 2006)

Debido al poder calorífico del biogás es posible su aprovechamiento mediante combustión, dependiendo de su captación, quemándolo y transformándolo en energía eléctrica mediante motores de combustión interna, sustituyendo a los combustibles tradicionales Su producción en un vertedero controlado se dá como un objetivo secundario, puesto que su principal fin es de carácter medioambiental y no energético. (Perezo Rosales 2006)

Creando conciencia en la población, de una gestión controlada de los residuos urbanos, se puede, entonces, pensar en un aprovechamiento energético del biogás, como una fuente de un recurso renovable. (Perezo Rosales 2006)

Así mismo **VALIENTE PIEL (2015)** en su tesis de maestría titulada "MODELACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR TÉRMICO - BIOMASA PARA CALEFACCIÓN DOMICILIARIA EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO" nos menciona que en este estudio, se simuló un sistema híbrido de calefacción basado en energía solar, eólica y combustión de biomasa, para mantener a 18 °C, una construcción de 32 m^2 con un volumen de aire de 76,8 m^3 de superficie, ubicada en la ciudad de Chillán, Chile (latitud 36,6° sur).

El periodo de calefacción considerado, fue durante los meses de abril a octubre. El sistema se dimensionó para cubrir en un 60 % la carga térmica

mediante combustión de leña, para el mes de mayor carga térmica, que resultó ser julio, con $1.46x10^6$ kJ/mes comparó la disminución de material particulado (MP) emitido a la atmósfera y el ahorro en salud pública, en relación a un sistema que sólo consideraría biomasa para calefacción. El sistema está conformado por un aerogenerador (AG) de 1 kW de potencia, una estufa a leña y un campo de 10 colectores solares térmicos de tubos de vacío de 2,47 m^2 se encuentra conectado a un banco de resistencias insertado en un estanque de 0.5 m^3 capacidad, que también es alimentado por el campo de colectores solares. Desde el estanque se distribuye agua caliente a un circuito con radiadores para calefaccionar la vivienda, regulado por un termostato.

El sistema fue modelado con el software TRNSYS. El volumen de leña ahorrado en el año fue de 0,73 m^3. Se cada uno. El AG, lo que significa dejar de emitir un 52% de MP a la atmósfera (16.7 kg de MP), implicando un ahorro en salud pública de 1,018 US$/año. Los costos de implementación del sistema alcanzan a 12,793 US$ aproximadamente. Para el mes de julio, el aporte de energía solar y eólica fue de $5{,}05x10^5$ kJ/mes y $2{,}21x10^5$ kJ/mes respectivamente, mientras que el calor aportado por los radiadores fue de $5.80x10^5$ kJ/mes y $8.82x10^5$ kJ/mes por combustión de biomasa. Lo que significó tener un porcentaje de energía aportado por las fuentes solar, eólica, radiadores y biomasa de 0,35; 0,15; 0,40 y 0,60% respectivamente, para el mes de julio. (VALIENTE PIEL 2015)

<u>Contexto Nacional</u>

De igual manera **ORTIZ NÚÑEZ (2017)** en su tesis de grado titulada "DISEÑO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA DE BIOMASA CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA PUNO, EN EL CERRO DE CANCHARANI - DEPARTAMENTO DE PUNO" que en la presente tesis de grado, se analiza el aprovechamiento de la biomasa en el vertedero no controlado de Cancharani (RSU) en forma de biogás, la obtención de la misma, propiedades, ventajas medioambientales y la utilización para la generación de energía eléctrica. El Botadero de Cancharani, sitio de disposición final de los residuos sólidos urbanos producidos por la ciudad de Puno, escogida para realizar el estudio de producción de biogás, su recuperación, posible reubicación de dicho vertedero.

La cantidad de gas estimada a ser obtenida del Botadero de Cancharani, se calculó a partir de la, "Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las emisiones de Aire" - (HIOBE – Sociedad Pública de gestión Ambiental). Para el uso de esta guía debemos conocer el promedio anual de recepción de residuos sólidos urbanos, El número de años que el relleno sanitario lleva abierto o que lleva cerrado, sin recibir residuos sólidos urbanos, entre otros parámetros.

Una vez Calculada la producción de biogás del botadero de Cancharani, seleccionamos, la planta eléctrica econogas a biogás de 65 KW de potencia, que mediante un tablero de transferencia automática o manual, se conecta a la red eléctrica de media tensión de Puno. (ORTIZ NUÑEZ 2017)

De igual manera **ORTIZ NÚÑEZ (2017)** en su tesis de grado titulada "DISEÑO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA DE BIOMASA CONECTADO A

LA RED ELÉCTRICA PUNO, EN EL CERRO DE CANCHARANI - DEPARTAMENTO DE PUNO" que en la presente tesis de grado, se analiza el aprovechamiento de la biomasa en el vertedero no controlado de Cancharani (RSU) en forma de biogás, la obtención de la misma, propiedades, ventajas medioambientales y la utilización para la generación de energía eléctrica. El Botadero de Cancharani, sitio de disposición final de los residuos sólidos urbanos producidos por la ciudad de Puno, escogida para realizar el estudio de producción de biogás, su recuperación, posible reubicación de dicho vertedero. (ORTIZ NUÑEZ 2017)

La cantidad de gas estimada a ser obtenida del Botadero de Cancharani, se calculó a partir de la, "Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las emisiones de Aire" - (HIOBE – Sociedad Pública de gestión Ambiental). Para el uso de esta guía debemos conocer el promedio anual de recepción de residuos sólidos urbanos, El número de años que el relleno sanitario lleva abierto o que lleva cerrado, sin recibir residuos sólidos urbanos, entre otros parámetros. (ORTIZ NUÑEZ 2017)

Una vez Calculada la producción de biogás del botadero de Cancharani, seleccionamos, la planta eléctrica econogas a biogás de 65 kW de potencia, que, mediante un tablero de transferencia automática o manual, se conecta a la red eléctrica de media tensión de Puno. (ORTIZ NUÑEZ 2017).

Según Ayusta Custodio (2016) en su tesis titulado "DISEÑO DE UN BIODIGESTOR CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA GENERAR GAS METANO DE USO DOMÉSTICO, ESTABLO SAN ANTONIO – MONSEFÚ 2016" en el resumen explica que el trabajo de Investigación denominado:

“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA GENERAR GAS METANO DE USO DOMÉSTICO, ESTABLO SAN ANTONIO - MONSEFÚ 2016”, está enmarcado dentro del uso de las energías no convencionales para el sector rural en el Perú, y reglamentado por el Ministerio de Energía y Minas.

Se propone un diseño de un sistema de Biodigestor accionado con energía solar; el gas metano que se origina del estiércol del ganado vacuno en el establo, se utilizaría para la cocción de alimentos. La energía solar que es captada por 4 paneles de 50 W, es enviada hacia un banco de baterías de 12 voltios, controlado por un regulador de carga, la energía eléctrica de la batería acciona a un motor eléctrico de corriente continua, que será el encargado de remover el estiércol mediante un eje ubicado dentro del tanque del biodigestor, y que sirve para acelerar la fermentación del estiércol.

En el Capítulo I, se realizó la revisión de los trabajos previos, justificación, y las teorías relacionadas al tema, con la variable dependiente: generación de gas metano para uso doméstico, y la variable independiente. Diseño de un Biodigestor con energía fotovoltaica. En el capítulo II, se establece la metodología a seguir; en el capítulo III, se muestran los resultados, tanto del diseño de biodigestor como también de los dispositivos encargados de generar energía a partir de la energía solar.

En el capítulo IV, se emite las conclusiones de cada objetivo específico desarrollado, para luego establecer recomendaciones.

Contexto Local

Según **Llauce Chozo Anthony Joel** en su tesis titulado “Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el Km 90, carretera a Lambayeque-Piura” Nos dice que el restaurant está en un lugar donde no hay el servicio eléctrico en redes de baja tensión, se optó por la implementación de un sistema fotovoltaico comercial, remplazando la generación eléctrica de un motor diésel. El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar técnica y económicamente la implementación de un sistema fotovoltaico (SFV) autónomo en la generación de energía eléctrica, y así proponer que estos sistemas sean implementados a comunidades de nuestra región que aún no cuentan con el suministro eléctrico, además de contribuir a la reducción de emisiones de CO_2, así mismo capacitar a la población sobre la gran importancia que tiene la energía solar y sus diferentes aplicaciones. Por otra parte este tipo de tecnología presenta numerosas ventajas: instalación simple, emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente.

Para el desarrollo del proyecto se realizó el estudio de la máxima demanda de energía eléctrica en el restaurant “El Cruceñito” propiedad del Sr. Orlando Santamaría Baldera y así aplicarla al diseño. Se tuvo en cuenta la radiación solar existe en la región de Piura usando datos estadísticos de NASTEC y de esta manera poder seleccionar los componentes a utilizar. La orientación del panel fotovoltaico tendrá la inclinación adecuada para captar la mayor radiación posible y nuestro sistema sea lo más eficiente posible. La potencia requerida para el sistema es de 870 Wp, que se

obtuvo según cálculos realizados, y cada panel tendrá una potencia de 145 Wp para que su funcionamiento sea con total eficiencia.

Al realizar el presente trabajo se logró determinar que el sistema fotovoltaico autónomo a implementar si es económicamente rentable, satisfaciendo la demanda eléctrica considerada en el proyecto, el cual me permitirá reducir el consumo de combustible diésel en 912 galones/año. Se recomienda difundir y apoyar la investigación sobre este tipo de tecnología y así desarrollar proyectos en beneficio de comunidades que aún no tienen el servicio de electricidad en sus domicilios[8].

Moran Santamaria (2013), en su tesis de Ingeniería titulado "Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope"; hace un estudio de electrificación con energía solar para el centro poblado Cruz de Pañalá, el cual carece de energía eléctrica de manera geográfica por tener limitaciones al acceso de redes eléctricas por su distancia, altos costos de transporte y recursos energéticos limitados, lo que hace tener un costo elevado en la generación de energía; el cual lo llevo a la evaluación de otros recursos de energía renovable y su rentabilidad.

En este estudio el autor concluye que en el centro poblado Cruz de Pañalá distrito de Mórrope, si es rentable implementar un Sistema Fotovoltaico para uso doméstico y productivo (en uso productivo se hizo el diseño de un

[8] Llauce Chozo , Anthony Joel. «Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el km 901, carretera Lambayeque – Piura".» Lambayeque, 2016.

sistema fotovoltaico para bombeo de agua) frente a otras alternativas de generación eléctrica como la convencional, por ser una zona aislada. Y de acuerdo a la evaluación económica, la inversión a realizar en beneficio de las 40 familias suministrando energía con sistemas fotovoltaicos es de S/. 393 154,87 y con la electrificación convencional es de S/. 1 584 052,88 la cual es muy superior[9]

Según **MUÑOZ** (2005) en su trabajo de tesis de "Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país". En esta tesis se plantea el uso de la energía solar, como alternativa de solución inmediata a los problemas de electrificación rural en zonas aisladas y de frontera, con población dispersa y baja demanda de energía y que no cuentan con la posibilidad de acceder a los sistemas de electrificación convencionales. La aplicación de esta alternativa se basa en criterios principales tales como el de priorización, análisis de sostenibilidad y un escenario probable con el cual se desea cumplir las metas propuestas en el Plan Nacional de Electrificación Rural.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

4.5.1 Sistemas Aislados o Autónomos.

[9] Moran Santamaria, Jorge Maximo. «Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope.» Lambayeque, 2013.

En zonas rurales o donde la red eléctrica no llega, la energía solar puede ser una alternativa para el autoconsumo. Hacer llegar el tendido eléctrico puede resultar inviable. En muchas ocasiones la energía solar es la única alternativa energética posible. El proyecto técnico para una instalación solar fotovoltaica aislada de red precisa unos cálculos previos para cubrir el consumo previsto. Otro aspecto a tener en cuenta es la regularidad del consumo.

Por otra parte, la electrificación rural en los países en vías de desarrollo será muy importante en el siglo XXI si los países industrializados dedican suficientes fondos al desarrollo. La situación de esas aplicaciones está por definir, pero estará constituida por minicentrales locales aisladas que proporcionarán corriente AC y DC. Es de esperar que se defina una normativa estandarizada para estas propuestas, así como las hipotéticas fuentes de financiación para las mismas. (Colegio oficial de ingeniros de telacomunicacion 2002).

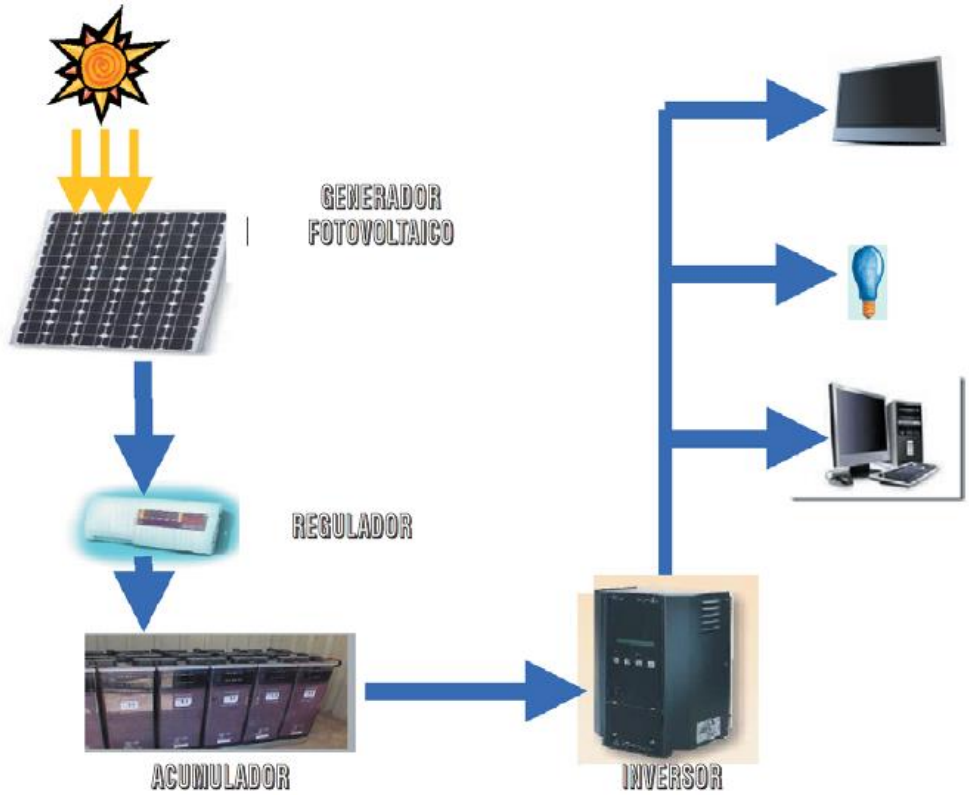


Figura N° 3: Instalación fotovoltaica aislada de la red eléctrica[10]

Componentes de los sistemas fotovoltaicos

Para que el sistema fotovoltaico funcione correctamente y tenga una elevada fiabilidad de suministro y durabilidad, debe estar conformado por:

Subsistema de captación: transforma la radiación solar en electricidad.

Subsistema de almacenamiento: almacena la energía.

Subsistema de regulación: regula la entrada de energía procedente del campo de captación. Subsistema de adaptación de corriente: adecua las características de la energía a las demandas por aplicaciones. (Muñoz Anticona 2005, 37)

[10] (Colegio oficial de ingeniros de telacomunicacion 2002).

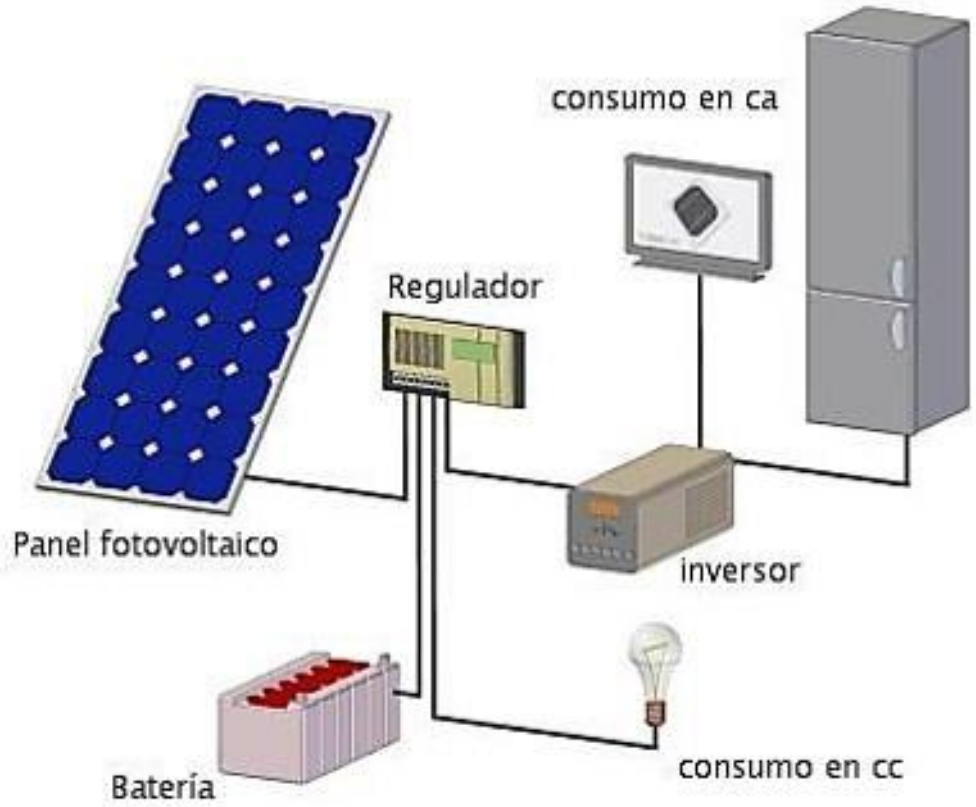


Figura N° 4: Esquema de un sistema fotovoltaico[11]

2.2.1.1. Módulos fotovoltaicos:

Las celdas FV constituyen un producto intermedio de la industria FV, proporcionan valores de tensión y corriente limitados, en comparación a los requeridos normalmente por los aparatos convencionales, son extremadamente frágiles, eléctricamente no aisladas y sin un soporte mecánico. Por lo que estas son ensambladas para constituir una estructura única: los módulos FV. El módulo FV es una estructura robusta y manejable sobre la que se colocan las celdas FV. Los módulos pueden tener diferentes

[11]. https://www.greenenergy-latinamerica.com/componentes-sistema-fotovoltaico/

tamaños desde 0.5 m2 hasta 1.3 m2 y constan normalmente de 36 celdas conectadas eléctricamente en serie.

Los paneles solares fotovoltaicos también pueden ser usados en vehículos solares. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

Irradiación de 1 000 W/m^2

temperatura de célula de 25 °C (no temperatura ambiente).

Los paneles solares están compuestos por celdas solares. Dado que una sola celda solar no produce energía suficiente para la mayor parte de aplicaciones, se les agrupa en paneles solares, de modo que, en conjunto, generan una mayor cantidad de electricidad. (Cuenca Benitez 2018).

Figura N° 5: Panel fotovoltaico[12]

Conexión de módulos Serie

Al conectar los paneles en serie**,** lo que estamos haciendo es conectar un polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente módulo. Con ello se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada. La tensión generada es igual a la suma de todas las tensiones por cada módulo fotovoltaico, o lo que es lo mismo al producto de la tensión de un módulo por el número de módulos fotovoltaicos (ya que se supone que tienen las mismas características).

Conexión de módulos en paralelo

Cuando conectamos los paneles en paralelo, lo que estamos haciendo es conectar todos los polos positivos y por separado todos los polos negativos. Con ello conseguimos aumentar la

[12] https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica/celdas-celulas-y-paneles-fotovoltaicos-l37003

corriente generada (sumar la intensidad eléctrica de los paneles) y mantener fijo el voltaje. La corriente generada es igual a la suma de todas las corrientes generadas por cada módulo, o lo que es lo mismo al producto de la corriente generada por un módulo por el número de módulos (ya que se supone que tienen las mismas características).

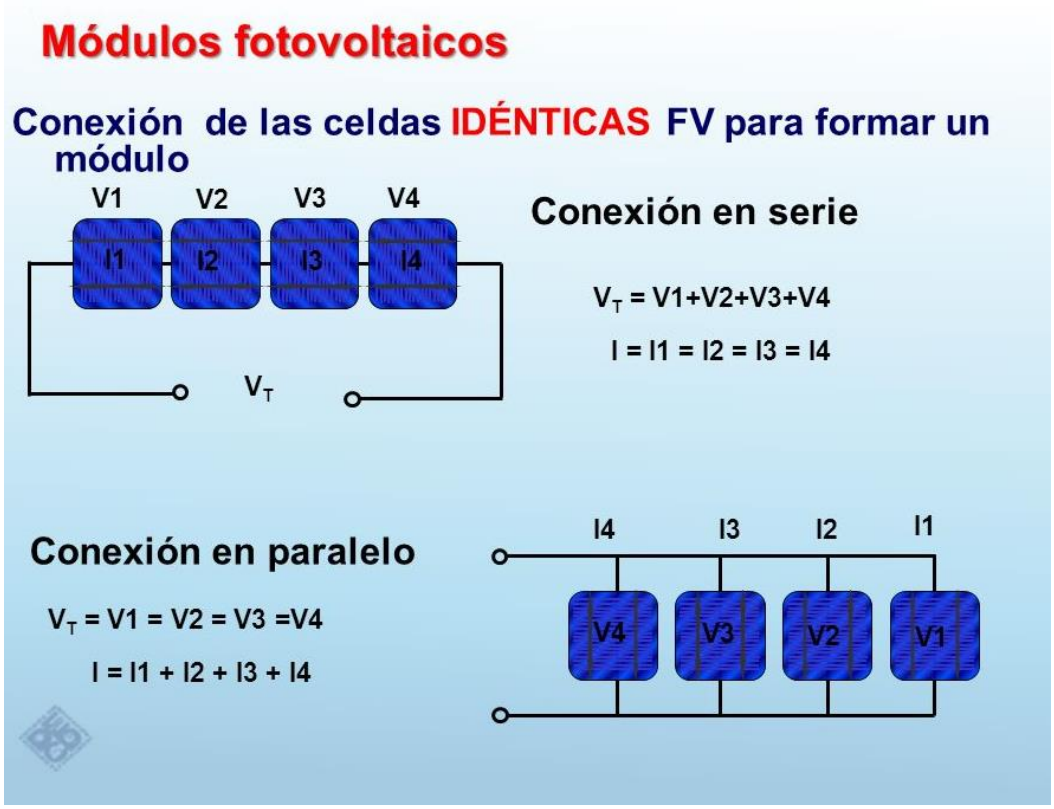


Figura N° 6: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos[13]

A. Conexión de módulos en serie/paralelo

La tensión del generador es la tensión del módulo multiplicado por el número de módulos en serie y la corriente de generador fotovoltaico es

[13] https://slideplayer.es/slide/1078130/

igual a la corriente de cada módulo multiplicado por el número de ramas de módulos.

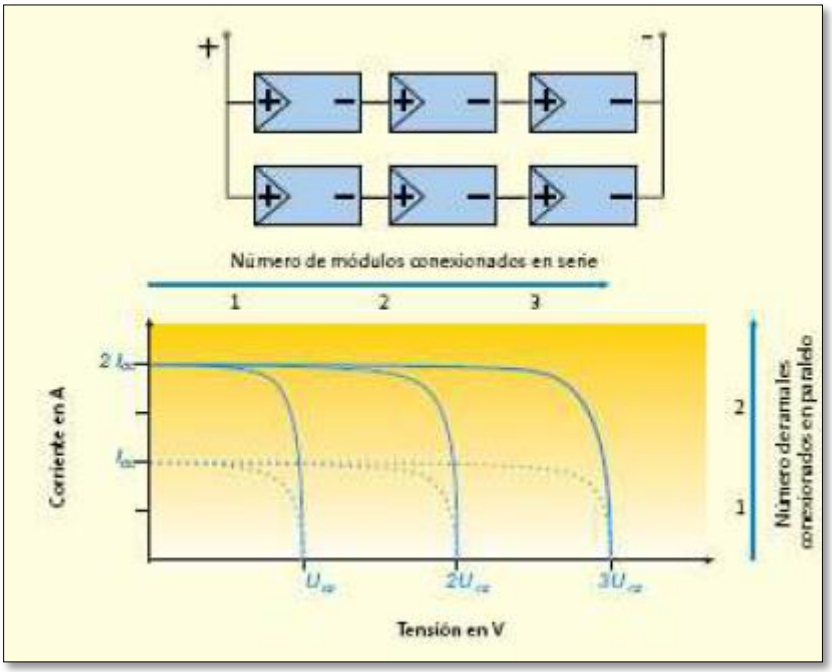


Figura N° 7: Conexión serie/paralelo de módulos fotovoltaicos[14]

<u>Tipos de modules fotovoltaicos</u>

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

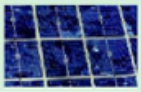
a) Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).

b) Silicio amorfo.

En la Figura N° 8, podemos observar las diferencias que existen entre ellos.

[14] http://energiadeactivacion.blogspot.pe/2015/05/optimizar-perdidas-en-parque-solares.html

Figura N° 8: Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: Componentes de una instalación solar fotovoltaica.pdf

2.2.1.2. Controlador

Para un funcionamiento correcto de la instalación, entre los paneles (captador) y las baterías (acumulador) ha de instalarse un sistema de regulación de carga (controlador) que será siempre necesario excepto en el caso de pequeños paneles autorregulados. El controlador tiene como misión fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima, pues si esto se produce se inician en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligrosos y, en cualquier caso, acortarían sensiblemente la vida de la misma. Otra función es evitar la sobredescarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, pues como sabemos este fenómeno puede provocar una sensible disminución de la capacidad de carga, el controlador puede incorporar una alarma luminosa o sonora, o ambas a la vez, previa a la desconexión a fin de que se proceda en consecuencia por el usuario

(Sanchez Quiroga, 2012). Modernos controladores informan del estado de la carga, el nivel de tensión y van provistos de protecciones adecuadas como fusibles, diodos zener etc. para proteger contra sobreintensidades o sobretensiones. Existen diversas tecnologías comercializadas para aplicaciones fotovoltaicas. Si nos referimos a la forma de conmutación con la batería, encontramos dos tipos de sistemas de regulación:

En paralelo, donde el exceso de tensión se controla derivando la corriente a un circuito que disipa la energía sobrante. (Ver Figura N° 9)

En serie, que incorpora interruptores, electromecánicos o electrónicos, que desconectan el generador cuando la tensión excede de un determinado nivel de referencia (Sanchez Quiroga, 2012).

Figura N° 9: Conexiones del controlador en una instalación fotovoltaica[15]

[15] https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html

Los fabricantes nos proporcionarán los valores de trabajo del controlador sobre una hoja de características. En estas hojas aparecerán:

i. Características físicas del controlador: peso, dimensiones, material empleado en su construcción, etc.
ii. Características eléctricas.
iii. Normas de seguridad que cumple.

También hay que considerar otro tipo de aspectos, como pueden ser medidas de seguridad, etc. El controlador debe proteger tanto la instalación como a las personas que lo manejen, por lo que deberá llevar sistemas que proporcionen las medidas de seguridad adecuadas para cada uno de los casos. Los fabricantes nos proporcionan también este tipo de información. (Diaz Corcobado, 2008)

En los catálogos se nos indica el tipo de regulación que lleva (si es serie o paralelo), el tipo de batería que podemos conectar a la salida del equipo, así como todas las alarmas que proporciona ante un mal funcionamiento, y las protecciones que lleva. Como en todos los equipos, se hace mención de la temperatura a la que va a trabajar el aparato y la posible influencia que pueda tener esta sobre el correcto funcionamiento del mismo (no es igual realizar una instalación en una zona de frío extremo que en una zona cálida).

La principal consideración en la ubicación del Controlador, es la longitud del cableado y del circuito Controlador-Batería (por ser el más exigente en cuanto a caída de la tensión máxima admisible). Así pues, el Controlador debe situarse lo más cerca posible de la Batería.

Existen Controladores aptos para su ubicación tanto en el interior como a la intemperie. En cualquier caso, se puede alojar al controlador dentro de un armario especial para el uso en intemperie.

Reguladores MPPT o maximizador[16]: La sigla MPPT (Maximum Power Point Tracking) significa: seguidor del punto de potencia máxima. El "punto" al que se hace mención es el que corresponde a los valores óptimos para el voltaje y corriente de salida que **proporcionan la máxima potencia de salida**. Este tipo de control incorpora un limitador de corriente, para no sobrepasar la corriente máxima tolerada por las baterías cuando la potencia de entrada sube transitoriamente. Un regulador MPPT modula el voltaje del panel y lo adapta a las características de las baterías conectadas. **Son los reguladores usados hoy en día** en casi todas las ISFTV. Son más caros que los que veremos a continuación pero consiguen una aumento de la producción energética de un 30% respecto a los PWM.

Reguladores PWM o convencional[17]: También llamados Todo o Nada. Fueron los primeros reguladores de carga que aparecieron en el mercado y realizaban el control de carga de la batería según un sistema "todo-nada" mediante la conmutación de elementos electromecánicos (relés), y se les podría denominar reguladores de una etapa. **El regulador permitía el paso de toda la corriente disponible en el generador fotovoltaico (FV) hasta que la tensión en la batería**

[16] https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html

[17] https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html

alcanzaba un valor predeterminado (más o menos a 14,5 V se considera llena). Llegado a este valor se interrumpía el paso de la corriente. Para valores menores de 12V en la batería volvía a establecer el paso de toda la corriente a las baterías desde los generadores FV.

Los controladores de carga PWM son menos costosos (que MPPT) y son una solución ideal para sistemas fotovoltaicos más pequeños donde el precio puede ser un punto crítico o donde la eficiencia máxima y la potencia adicional no son realmente necesarias.

Figura N° 10: Tipos de reguladores de carga[18]

2.2.1.3. Inversor[19]

El convertidor de corriente DC/AC, también llamado inversor u ondulador, es un dispositivo electrónico de potencia encargado de

[18] https://es.solarlightsmanufacturer.com/difference-pwm-mppt-solar-charge-controllers/
[19] https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html

convertir la corriente continua (DC) proveniente de los generadores fotovoltaicos en corriente alterna (AC) para su consumo en la vivienda. Además, sincroniza la frecuencia de la corriente inyectada con la de la red, adaptándola a las condiciones requeridas según el tipo de carga, garantizando así la calidad de la energía vertida en la instalación eléctrica de la vivienda.

Figura N° 11: inversor para sistema fotovoltaico[20]

Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada desde las baterías, la potencia máxima que puede proporcionar y su eficiencia o rendimiento de potencia. Este último se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega para su uso (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del sistema de baterías o de los generadores fotovoltaicos (potencia de entrada).

En general, los inversores en las instalaciones fotovoltaicas deben cumplir las siguientes exigencias:

[20] https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html

- Deberán ofrecer una eficiencia lo más alta posible que minimice las pérdidas. El rendimiento de potencia de los inversores (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), oscila entre el 90% y el 97%. El valor del rendimiento depende mucho de la potencia de entrada, que deberá ser lo más cercana, o incluso tratar que sea igual a la nominal de funcionamiento del inversor, dado que si varía mucho entonces el rendimiento del inversor disminuye sensiblemente.

- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas, como más adelante se verá.

- Disponer de elementos que incorporen el rearme y desconexión automática del inversor.

- Poder admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 150% de su potencia máxima o nominal, con objeto de hacer frente a los picos de arranque que originan muchos electrodomésticos, como frigoríficos, lavadoras, etc., que van a demandar mayor potencia que la nominal en el momento de su puesta en marcha o arranque de sus motores.

- Ofrecer una baja distorsión armónica y bajo autoconsumo.

- Disponer de aislamiento galvánico.

- Disponer de sistema de medida y monitorización.

- Incorporar controles manuales que permitan el encendido y apagado general del inversor, y su conexión y desconexión a la interfaz AC de la instalación.

Volviendo a las protecciones que deben incorporar en sus funciones los inversores de corriente, éstas deberán ser las siguientes:

- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos, que permitirá detectar posibles fallos producidos en los terminales de entrada o salida del inversor.

- Protección contra calentamiento excesivo, que permitirá desconectar el inversor si la temperatura del inversor sobrepasa un determinado valor umbral, y mantenerse desconectado hasta que el equipo no alcance una temperatura inferior preestablecida.

- Protección de funcionamiento modo isla, que desconectará el inversor en caso que los valores de tensión y frecuencia de red queden fuera de unos valores umbrales que permitan un funcionamiento correcto.

- Protección de aislamiento, que detecta posibles fallos de aislamiento en el inversor.

- Protección contra inversión de polaridad, que permite proteger el inversor contra posibles cambios en la polaridad desde los paneles fotovoltaicos.

Por último, la envolvente o carcasa que protege el dispositivo inversor ofrecerá un grado de aislamiento de tipo básico clase 1 y un grado de protección mínima IP20 para aquellos inversores instalados en el interior de edificios y sean lugares inaccesibles, de IP30 para inversores situados en el interior de edificios y lugares accesibles, y

con grado de protección mínima de IP 65 para inversores instalados a la intemperie.

2.2.1.4. Banco de baterías

Las baterías, también llamado acumuladores solares o fotovoltaicos, se utilizan para almacenar la energía eléctrica generada por el sistema de generadores fotovoltaicos, con objeto de disponer de ella en periodos nocturnos o en aquellas horas del día que no luzca el sol.

Figura N° 12: Baterías parasistemas fotovoltaicos[21]

No obstante, también pueden desempeñar otras funciones, como elementos que sirven para estabilizar el voltaje y la corriente de suministro, o para inyectar picos de corriente en determinados momentos, tales como en el arranque de motores.

Las baterías se componen básicamente de dos electrodos que se encuentran sumergidos en un medio electrolítico. Los tipos de baterías

[21] https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html

más recomendadas para uso en instalaciones fotovoltaicas son las de tipo estacionarias de plomo ácido y de placa tubular, compuestas de un conjunto de vasos electroquímicos interconectados de 2V cada uno, que se dispondrán en serie y/o paralelo para completar los 12, 24 ó 48 V de tensión de suministro y la capacidad de corriente en continua que sea adecuado en cada caso.

Generalmente a la asociación eléctrica de un conjunto de baterías se le suele llamar sistema acumulador o simplemente acumulador.

En la siguiente tabla N° 2 se indica el nivel del voltaje del módulo fotovoltaico en función de las necesidades de consumo de potencia que se demande.

Tabla N° 2: Tensión de trabajo del banco de baterías[22]

Tabla 1. Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico	
Potencia demandada (en W)	**Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (en V)**
< de 1500 W	12V
Entre 1500 W y 5000 W	24V ó 48V
> 5000 W	120V ó 300V

La capacidad de una batería se mide en amperios-hora (*Ah*), unidad de carga eléctrica que indica la cantidad de carga eléctrica que pasa por los terminales

[22] https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html

de una batería. Indica la cantidad de electricidad que puede almacenar durante la carga la batería, para después devolverla durante su descarga.

No obstante, el tiempo invertido en la descarga de la batería influye de manera decisiva en su capacidad de almacenaje. De esta forma, conforme más rápido se realice la descarga de la batería su capacidad de suministro disminuye, debido a que más energía se pierde por la resistencia interna, y a la inversa, conforme el tiempo de descarga aumenta y se realiza de forma más lenta, entonces la capacidad de la batería aumenta.

Por ello, al depender la capacidad de una batería del tiempo invertido en su descarga, éste valor se suele suministrar referido a un tiempo estándar de descarga (10 ó 20 horas), y para un voltaje final determinado.

A continuación, se indicarán las definiciones y comentarios sobre los parámetros más importantes que definen a las baterías o acumuladores solares.

- Factor de rendimiento de la batería: parámetro que se define como el cociente entre el valor de los amperios-hora que realmente se puede descargar de la batería dividido por el valor de los amperios-hora empleados en su carga.

- Autodescarga: es la pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes, y a una

temperatura de 20 °C. En general, los valores de autodescarga de las baterías empleadas no excederá del 6% de su capacidad nominal por mes.

- Capacidad nominal, C_{20} (*Ah*): es la cantidad de carga eléctrica que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20 °C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8V/vaso.

- Régimen de carga (o descarga): es un parámetro que relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a la cual se realiza la carga (o la descarga). Se expresa normalmente en horas, y se representa como un subíndice en el símbolo de la capacidad y de la corriente a la cual se realiza la carga (o la descarga). Por ejemplo, si una batería de *100 Ah* se descarga en 20 horas a una corriente de *5 A*, se dice que el régimen de descarga es *20 horas* ($C_{20} = 100\ Ah$) y la corriente se expresa como $I_{20} = 5\ A$.

- Profundidad de descarga (*PD* ó *DOD*): se define como el cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal, expresándose normalmente en %.

- Profundidad de descarga máxima ($PD_{máx}$): en este caso se define como el nivel máximo de descarga que se le permite a la batería antes que se produzca la desconexión del regulador, con objeto de proteger la durabilidad de la misma. Las profundidades de descarga máximas que se suelen considerar para un ciclo diario (profundidad de descarga máxima diaria) están en torno al 15-25%. Para el caso de un ciclo estacional, que es el número máximo de días que podrá estar una

batería descargándose sin recibir los módulos radiación solar suficiente, está en torno a los 4-10 días y un profundidad de descarga del 75% aproximadamente. En todo caso, para instalaciones fotovoltaicas no se recomiendan descargas agresivas, sino más bien progresivas, por lo que las baterías a utilizar suelen ser con descarga de *100 horas* (C_{100}), pues cuanto más intensa y rápida es la descarga de una batería, menos energía es capaz de suministrarnos.

- Capacidad útil: es la capacidad disponible o utilizable de la batería y se define como el producto de la capacidad nominal por la profundidad máxima de descarga permitida.

- Estado de carga: se define como el cociente entre la capacidad residual de una batería, en general parcialmente descargada, y su capacidad nominal.

En la mayoría de las ocasiones, los sistemas de acumulación de energía estarán formado por asociaciones de baterías, que estarán conectadas en serie o en paralelo, para satisfacer las necesidades, bien de tensión, o bien de capacidad que sean demandadas.

Mediante las asociaciones en serie de baterías se consigue aumentar el voltaje final respecto a la tensión de servicio que cada batería por sí sola puede ofrecer. En el conexionado en serie de varias baterías se debe conectar el borne negativo de cada batería con el positivo de la siguiente, y así sucesivamente. La tensión o voltaje que proporciona el conjunto es igual a la suma de las tensiones de cada una de las baterías individuales.

Por el contrario, mediante las asociaciones en paralelo de baterías se consigue aumentar la capacidad de suministro del conjunto, es decir, su autonomía, sumando las capacidades nominales de cada batería y manteniendo el mismo voltaje de cada batería individual.

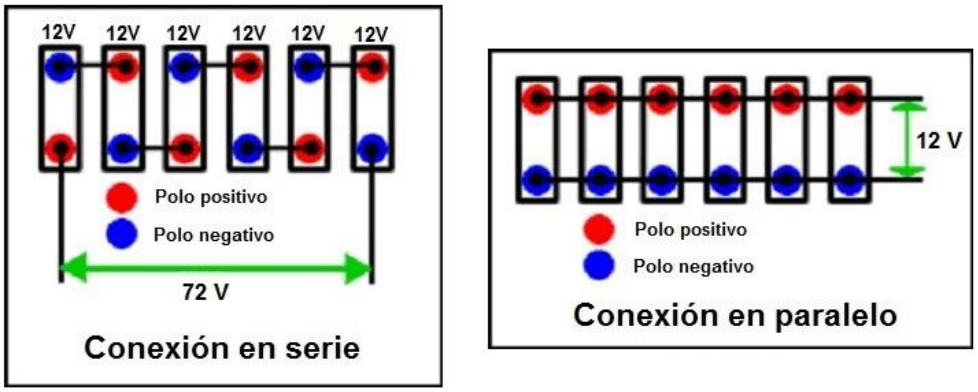


Figura N° 13: conexión de baterías[23]

En otro orden de cosas, la capacidad nominal de los sistemas acumuladores empleados (medido en *Ah*) no excederá en 25 veces la corriente (en *A*) de cortocircuito en *CEM* del generador fotovoltaico seleccionado.

La vida de un acumulador o batería, definida como la correspondiente hasta que la capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal, deberá ser superior a *1000 ciclos*, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50% a 20 °C.

Aunque siempre se seguirán las recomendaciones de los fabricantes, durante la instalación de un sistema acumulador solar se deberá asegurar que:

[23] https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html

- el acumulador o baterías se sitúen en lugares ventilados y de acceso restringido;

- se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

Toda batería empleada en los sistemas acumuladores solares deberá estar etiquetada, al menos, con la siguiente información:

- Tensión nominal (*V*);

- Polaridad de los terminales;

- Capacidad nominal (*Ah*);

- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.

El sistema de almacenaje y de respaldo de energía es una de las características más importantes de una instalación FV debido a que es necesario utilizar la energía generada a cualquier hora del día. Para ello se utilizan las baterías, construidas a partir de una celda compuesta de placas llamadas Ánodo-Cátodo y un electrolito capaz de recibir, almacenar y entregar energía. De este modo, grupos de celdas conectadas eléctricamente en serie y paralelo, protegidas del medio ambiente conforman una batería.

2.2.2. Sistema con Biomasa

2.2.2.1. La biomasa[24]

La biomasa es toda sustancia orgánica renovable de origen tanto animal como vegetal. La energía de la biomasa proviene de la energía que almacenan los seres vivos. En primer lugar los vegetales, al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales incorporan y transforman esa energía al alimentarse de las plantas. Los productos de dicha transformación que se consideran residuos, pueden ser utilizados como recurso energético. (Corona Zuñiga 2007)

Tipos de biomasa

Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizados como recurso energético. Aunque se pueden hacer multitud de clasificaciones, en esta monografía se ha escogido la clasificación más aceptada, la cual divide la biomasa en cuatro tipos diferentes: biomasa natural, residual seca y húmeda y los cultivos energéticos. (Corona Zuñiga 2007)

a) Biomasa Natural

Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana. El problema que presenta este tipo de biomasa es la necesaria gestión de la adquisición y transporte del recurso al lugar de utilización. Esto puede provocar que la explotación de esta biomasa sea inviable económicamente.

b) *Biomasa residual (seca y húmeda)*

[24] (Corona Zuñiga 2007)

Son los residuos que se generan en las actividades de agricultura (leñosos y herbáceos), y ganadería en las forestales, en la industria maderera y agroalimentaria, entre otras y que todavía pueden ser utilizados y considerados subproductos. Como ejemplo podemos considerar el aserrín, la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, etc.

Se denomina biomasa residual húmeda a los vertidos llamados biodegradables, es decir, las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines) (Corona Zuñiga 2007).

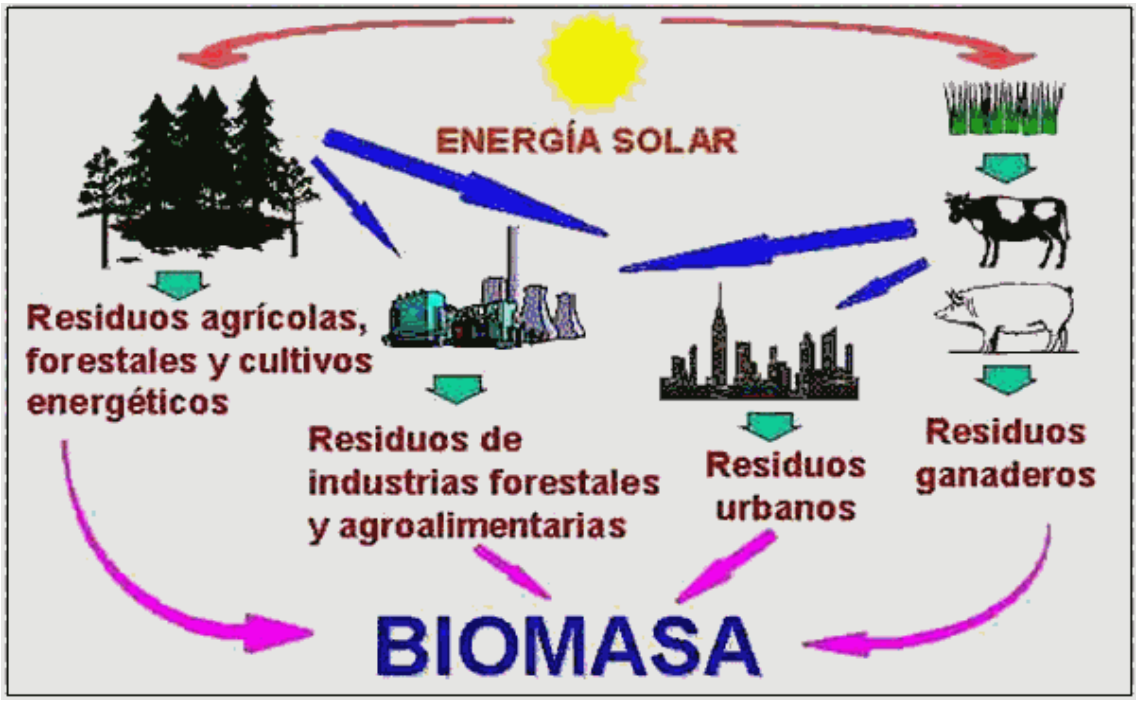


Figura N° 14: producción de la biomasa[25]

2.2.2.2. La digestión anaeróbica[26]

La producción de gas metano a partir de desechos orgánicos es hoy en día una práctica industrial muy común en países desarrollados. Todo material

[25] http://biotecnologiaequipo5.blogspot.com/p/produccion-de-biomasa-microbiana.html
[26] (Labiano Iradiel 2014)

orgánico degradado como los desechos bovinos, avícolas, porcinos, desechos de plantaciones y desechos de plantas procesadoras de alimentos tienen el potencial de producir metano bajo ciertas condiciones. Esto puede producirse gracias a la digestión anaeróbica.

La digestión anaeróbica de los desechos es una forma de bioconversión donde se aprovechan las cadenas de carbohidratos, lípidos y proteínas para transformarlas en metano, la unidad más simple de los hidrocarburos. Este tipo de bioconversión tiene como ventajas principales la producción de una fuente directa de energía como es el gas metano y la reducción de la masa de deshechos a costa de producir un fertilizante orgánico de muy bajo costo. A diferencia de otros procesos de producción de combustibles a partir de biomasa, esta bioconversión que se lleva a cabo bajo condiciones anaeróbicas, lo cual permite conservar todos los nutrientes inorgánicos en el lodo (Labiano Iradiel 2014).

2.2.2.3. El biogas y sus aplicaciones

El biogás es simplemente una mezcla de gases en donde predominan el metano (CH4) y el dióxido de carbono (CO2). Esta mezcla de gases se produce debido a la biodegradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno en un proceso que se conoce como digestión anaeróbica3. El metano, el cual se obtiene al final del proceso de digestión anaerobia, es un gas inflamable que confiere al biogás su capacidad para ser empleado como combustible.

Tabla N° 3: Composición típica del biogas[27]

Compuesto	Valor	Unidad de medida
Metano (CH_4)	50 - 85	% (v/v)[4]
Dióxido de carbono (CO_2)	15 - 50	% (v/v)
Sulfuro de hidrógeno (H_2S)	100 - 2000	ppm[5] (v/v)
Nitrógeno (N_2)	< 1 %	(v/v)
Agua (H_2O)	100	% de saturación
Hidrógeno (H_2)	< 0,01	% (v/v)

2.2.2.4. Tipos de biodigestores[28]

El biodigestor: es un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño y material; en el cual se almacena basura orgánica mezclada con agua que al descomponerse en ausencia de aire generan biogás. Definido por el diseño de la planta en función de las variables del proceso, ambientales y de utilización del sistema.

Al especificar que se puede tomar cualquier forma se está indiciando que se utilizan tanques cilíndricos, rectangulares, esféricos o semiesféricos, dependiendo de las preferencias del usuario y de las facilidades que se tengan para su construcción. Sin embargo, desde el punto de vista físico y del proceso no se recomienda emplear tanques rectangulares: Requieren mayor cantidad de materiales de construcción y crean dentro de la masa en digestión zonas de diferente composición y temperatura que impiden obtener mayor provecho del sistema. (Corona Zuñiga 2007)

[27] (Labiano Iradiel 2014)
[28]

Tipos de biodigestores

Plantas de globo

Este tipo de plantas tiene en la parte superior un digestor de bolsa en el cual se almacena el gas, la entrada y la salida se encuentran en la misma superficie de la bolsa. Sus ventajas son bajo costo, fácil transportación, poca sofisticación de construcción, altas temperaturas de digestión, fácil limpieza, mantenimiento y vaciado.

Sus desventajas son su corto tiempo de vida, alta susceptibilidad a ser dañado, baja generación de empleo y por lo tanto limitado potencial de autoayuda (Corona Zuñiga 2007)

Figura N° 15: biodigestor de globo[29]

Plantas de Domo Fijo[30].

Las plantas de domo fijo consisten en un recipiente fijo e inmóvil para gas, que se coloca en la parte superior del digestor. Cuando comienza la producción de

[29] https://www.pinterest.com/pin/391883605054825545/
[30] (Corona Zuñiga 2007)

gas, la mezcla se desplaza hacia el tanque de compensación. La presión del gas aumenta, el aumento de volumen del gas almacenado y con la diferencia de altura entre el nivel de la mezcla en el digestor y el nivel de la mezcla en el tanque de compensación.

a) Ventajas: costos de construcción relativamente bajos, larga vida útil. La construcción subterránea ahorra espacio y protege al digestor de cambios de temperatura; además su construcción implica la creación de fuentes de empleo. Las principales desventajas son los frecuentes problemas con la permeabilidad para gases del recipiente de ladrillos para el gas (una pequeña fractura en el recipiente superior puede causar altas pérdidas de biogás). Por lo tanto, las plantas de domo fijo, sólo son recomendables cuando la construcción puede ser supervisada por técnicos experimentados de biogás. La presión del gas fluctúa dependiendo sustancialmente del volumen del gas almacenado. (Corona Zuñiga 2007)

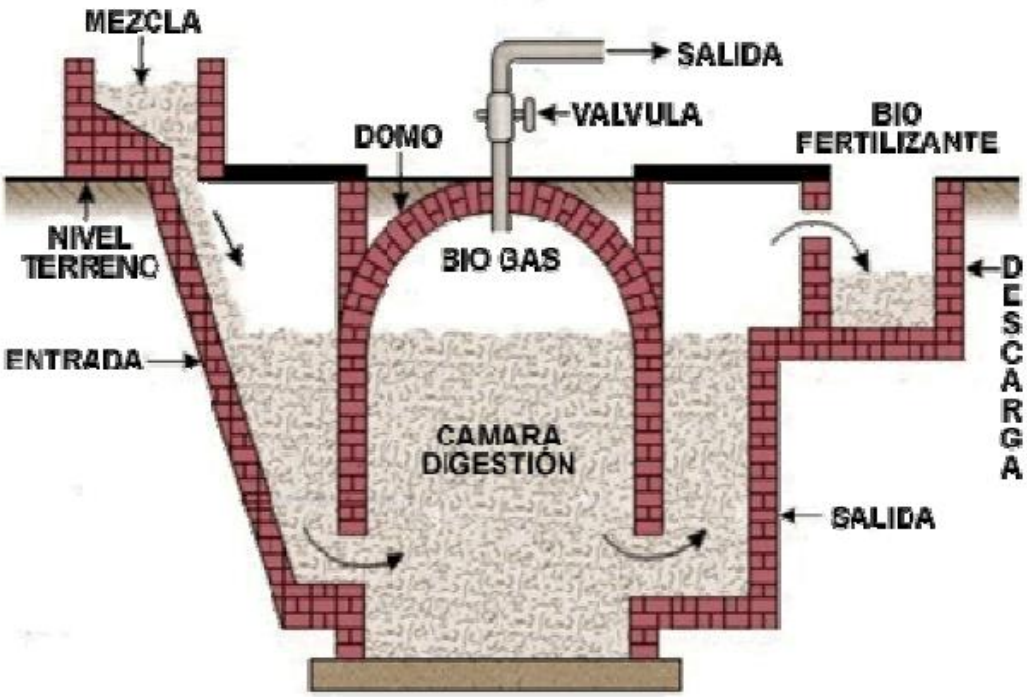


Figura N° 16: biodigestor de domo fijo[31]

2.2.3. Plantas de tambor flotante (Tipo Hindú)[32].

Las plantas de tambor flotante consisten en un digestor subterráneo y un recipiente móvil para gas. El recipiente para gas flota, ya sea directamente sobre la mezcla de fermentación o en una chaqueta de agua. El gas se recolecta en el tambor de gas, que se levanta o baja, de acuerdo con la cantidad de gas almacenado.

a) Sus ventajas son su operación simple y fácil de entender: el volumen almacenado de gas es visible directamente. La presión del gas es constante, determinada por el peso del recipiente de gas. La construcción es relativamente fácil; los errores en la construcción no llevan a problemas mayores en la operación y la producción de gas.

b) Sus desventajas son los altos costos de los materiales para el tambor de acero, la susceptibilidad a la corrosión de las partes de acero, por lo que la vida

[31] (Corona Zuñiga 2007)
[32] (Corona Zuñiga 2007)

útil de la planta es más corta; además se tienen costos fijos de mantenimiento para pintar el tambor (Corona Zuñiga 2007).

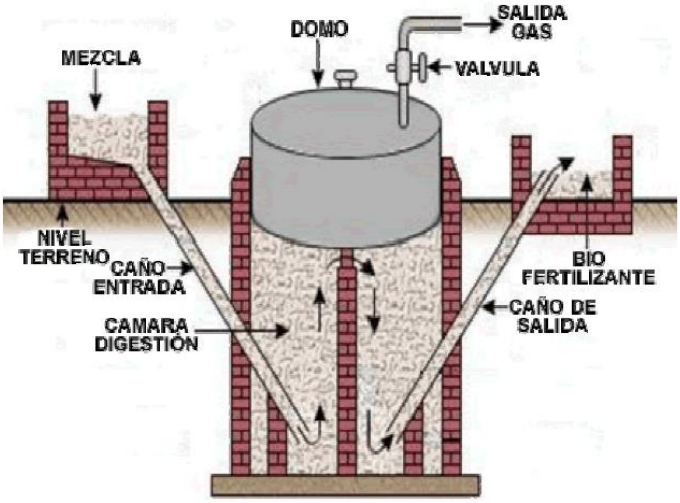


Figura N° 17: Biodigestor de domo flotante[33]

2.2.2.5. Generación de electricidad con biogas

La generación de electricidad, utilizando biogás, es una posibilidad real y altamente documentada. Son muchas las alternativas posibles para generar electricidad empleando el biogás como combustible: motores de combustión interna, celdas de combustible, turbinas de gas y de vapor, etc. (Labiano Iradiel 2014)

Debido a su autonomía y compatibilidad, se considera que la tecnología apropiada para los proyectos rurales de generación de electricidad con biogás es el empleo de motores alternativos de combustión interna. (Labiano Iradiel 2014)

<u>Motores a biogás[34]</u>

[33] (Corona Zuñiga 2007)
[34] (Labiano Iradiel 2014)

Los beneficios que conllevan la generación de biogás y su uso para generar energía han propiciado el desarrollo de esta tecnología. De esta forma han aparecido en el mercado empresas que ofertan grupos electrógenos preparados para funcionar exclusivamente con biogás. Un grupo electrógeno a biogás es una máquina que, a través de un motor de combustión interna cuyo combustible es biogás, mueve un generador eléctrico. El motor que se encarga de trasformar la energía química contenida en el biogás en energía mecánica que hará girar el alternador. Al ser el combustible biogás, los motores que se emplean son de ciclo Otto y son estructuralmente similares a los motores a gas natural. Por su parte, el generador eléctrico se encarga de producir la energía eléctrica de salida a partir de la energía mecánica del motor. Generalmente se trata de alternadores autorregulados y sin escobillas, los cuales van acoplados de manera precisa al motor.

Como principales ventajas de los grupos electrógenos a biogás se puede decir que disponen de alternadores robustos y preparados para soportar las vibraciones que ocasiona la combustión de biogás, así como de motores de bajas revoluciones que aumentan la vida útil del mismo. Además, al tratarse de grupos electrógenos, contarán con un sistema de regulación del motor que permitirá trabajar con cargas variables. El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

Se trata de motores adecuados para biogás por lo que se evita realizar modificaciones que en los anteriores motores eran necesarias. Para un

correcto funcionamiento de estos grupos electrógenos, el biogás deberá ser suministrado a una determinada presión que puede estar en el orden de 10-100 mbar. Desafortunadamente, la exclusividad de esta tecnología la lleva a ser más cara.

2.2.2.6. Alimentación de combustible al grupo electrógeno[35]

Los grupos electrógenos a gas utilizan combustibles gaseosos para su funcionamiento, ya sea gas natural, gas licuado de petróleo o, como en el caso de estudio, biogás. Sin importar el combustible usado, existen unos requisitos mínimos necesarios en la instalación que deben satisfacerse para asegurar la operación del sistema:

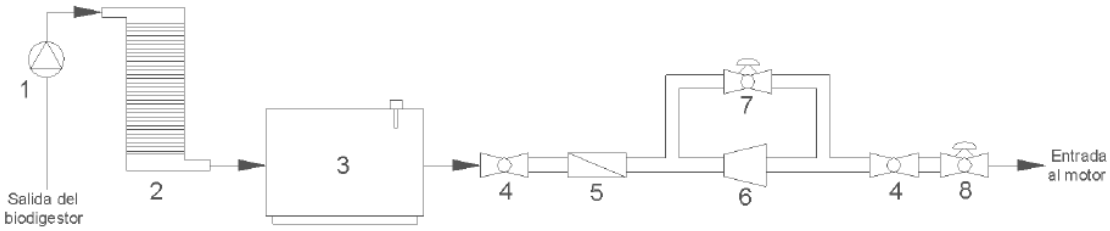


Figura N° 18: Sistema de alimentación de combustible[36]

Tabla N° 4: Componentes del sistema de alimentación de combustible[37]

1	Bomba de vacio	5	Filtro de gas
2	Filtro de remoción de H_2S	6	Compresor
3	Tanque de combustible diario	7	Válvula de recirculación
4	Válvula de cierre	8	Regulador de presión

[35] (Labiano Iradiel 2014)
[36] (Labiano Iradiel 2014)
[37] (Labiano Iradiel 2014)

El gas suministrado al conjunto generador debe ser de calidad aceptable, es decir, que la cantidad de energía por unidad de volumen de combustible sea alta.

El suministro de gas debe tener suficiente presión, aportándose la apropiada para la operación en todo momento. (Labiano Iradiel 2014)

El gas debe suministrarse al generador en suficiente volumen para que este pueda operar. Para ello habrá que elegir una tubería de transporte que permita el caudal adecuado de biogás. Lógicamente, cuanto mayor sea la calidad del combustible menor será el caudal requerido. (Labiano Iradiel 2014)

Estos requisitos se logran gracias a un sistema de alimentación de combustible cuyos elementos van a ser descritos con detalle en este apartado. Dichos elementos son:

Filtro de remoción de H2S (2): Su función es eliminar el ácido sulfhídrico (H2S) presente en la composición del biogás. El biogás producido en el biodigestor es transportado por medio de una bomba de vacío (1) a través de este filtro.

Tanque de combustible (3): Su función es almacenar el biogás destinado a alimentar el grupo electrógeno. El biogás llega al tanque a través del filtro de remoción de H2S. (Labiano Iradiel 2014)

Tren de calibración (4-8): Su función es hacer llegar el biogás desde el tanque hasta el grupo electrógeno en las condiciones adecuadas de presión, volumen y temperatura. El elemento principal del tren de calibración es el

compresor (6), y su funcionamiento se complementa con válvulas, sensores y un filtro de gas. (Labiano Iradiel 2014)

Filtro de remoción de H2S[38]

El biogás es una mezcla de gases compuesta por metano (CH4), dióxido de carbono (CO2), sulfuro de hidrógeno (H2S), vapor de agua (H2O) así como restos de hidrógeno (H2), nitrógeno (N2), amoniaco (NH3) y oxígeno (O2). El metano pertenece a la familia de los hidrocarburos, por tanto, tiene propiedades inflamables, mientras que los otros gases (CO2, H2O, H2S, etc.) tan solo diluyen el biogás.

Dado que el biogás será el combustible que se empleará para la generación de electricidad, es de suma importancia garantizar que el mismo no contenga compuestos que vayan a dañar física y/o químicamente el equipo en el que se piensa aprovechar. En ese sentido habrá que tener muy en cuenta al contenido de sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico en el biogás. La diferencia entre ambos, es simplemente el estado físico en que se encuentran. El sulfuro de hidrógeno es un gas, mientras que el ácido sulfhídrico es el mismo sulfuro de hidrógeno que ha reaccionado con agua para formar un ácido. El sulfuro de hidrógeno y el metano se producen en el biodigestor, en el mismo proceso, por lo tanto la presencia de este compuesto en el biogás entra dentro de lo normal. (Labiano Iradiel 2014)

El sulfuro de hidrógeno es el compuesto que le da al biogás su mal olor característico. No tiene color, es inflamable y extremadamente peligroso.

[38] (Labiano Iradiel 2014)

Es importante llevar a cabo una remoción del ácido sulfhídrico (H_2S) por las siguientes razones:

Es extremadamente nocivo para la salud debido a su alta toxicidad.

Puede causar daños internos por corrosión en equipos como generadores eléctricos, microturbinas, etc.

Su combustión genera dióxido de azufre (SO_2), compuesto que además de toxico es dañino para el medio ambiente. (Labiano Iradiel 2014)

En base a lo expuesto se decide que el sistema de generación de electricidad del matadero municipal de Cochabamba disponga de una torre de absorción de H_2S para acondicionar el biogás antes de su entrada al motor. La torre de absorción tendrá un volumen de 1100 litros e irá ubicada a la salida del biodigestor. En caso de querer emplear el biogás almacenado en los gasómetros para alimentar el motor, deberá trasladarse el mismo a través de la torre de absorción. De esta forma, además de una protección del grupo electrógeno, se logrará proteger el resto de equipos que intervengan en el sistema de generación y que están ubicados tras la torre de absorción de H_2S. Debido a que la presión que se genera en el interior del biodigestor de los gasómetros no es la adecuada para llevar a cabo el transporte del biogás, se hará llegar el mismo a la torre de absorción mediante el empleo de bombas de vacío. Las bombas aumentarán la presión de 1,5 kPa que hay en el interior del biodigestor y de los gasómetros hasta unos 3,5 kPa, posibilitando el transporte del biogás a través del filtro de H_2S. (Labiano Iradiel 2014)

2.2.3. Sistema de generación hibrido[39]

Sistemas híbridos para la generación de energía pueden ser definidos como la asociación de dos o más fuentes de energía con el objetivo básico de generar energía eléctrica, para una determinada carga aislada de la red o integrada al sistema.

Los sistemas híbridos son normalmente compuestos por fuentes renovables cuyos recursos son prácticamente inagotables, cuando la interconexión a la red eléctrica de una distribución es distante, se complementan con grupos de generación con motores a combustión constituyéndose en una concreta opción, compatible a nivel medio ambiental y social.

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenamiento proporcionan hasta un 80–90 % de la necesidad energética, dejando al Diesel solo la función de emergencia.

2.2.3.1. Configuración de los Sistemas Híbridos[40]

Los sistemas híbridos nacen de la unión de dos o más sistemas de generación, uno convencional y uno que utilice fuentes renovables, para garantizar una base de continuidad del servicio eléctrico. La configuración típica de un sistema híbrido es la siguiente:

Una o más unidades de generación de fuentes renovables: eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica

Una o más unidades de generación convencional: Diesel

[39] (Bermeo Jimenes, DISEÑO DE UN SISTEMA AUTÓNOMO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO PARA ELECTRIFICACIÓN DOMICILIARIA 2014)

[40] (Bermeo Jimenes, DISEÑO DE UN SISTEMA AUTÓNOMO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO PARA ELECTRIFICACIÓN DOMICILIARIA 2014)

Sistema de almacenaje de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico

Sistemas de condicionamiento de la potencia: inversor, rectificadores, reguladores de carga.

Sistema de regulación y control.

2.2.3.2. Ventajas comparativas[41]

La principal ventaja de un sistema híbrido es la posibilidad del aprovechamiento conjunto y optimizado de los recursos locales disponibles, pudiendo garantizar altos niveles de calidad, confiabilidad y rendimiento. Con reducción de costos en la instalación y operación del sistema Los sistemas híbridos representan actualmente una solución viable para las exigencias de energía eléctrica en áreas aisladas o no electrificadas. En el pasado, de hecho, se utilizaban solo generadores Diesel, que, en la modalidad operativa de baja carga, muestran una eficiencia reducida en el funcionamiento, altos costes de mantenimiento y un breve tiempo de vida de la instalación. Los sistemas híbridos permiten reducir esos problemas y aprovechar los recursos renovables existentes en el territorio, constituyendo una opción viable y favorable tanto ambiental como socialmente.

2.2.3.3. Aplicaciones de los Sistemas Híbridos[42]

[41] (Bermeo Jimenes, DISEÑO DE UN SISTEMA AUTÓNOMO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO PARA ELECTRIFICACIÓN DOMICILIARIA 2014)

[42] (Bermeo Jimenes, DISEÑO DE UN SISTEMA AUTÓNOMO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO PARA ELECTRIFICACIÓN DOMICILIARIA 2014)

Las aplicaciones más importantes de los sistemas híbridos, se las puede resumir en las siguientes:

Sistemas para usuarios o comunidades aisladas: Se trata de sistemas hasta un máximo de 100 kW de potencia

Sistemas híbridos insertados a redes: Se trata de sistemas renovables instalados en redes locales de media tensión, para potencias más o menos elevadas, con el fin de reducir las horas de funcionamiento de los generadores Diesel existentes, ahorrando combustible y reduciendo las emisiones contaminantes.

Sistemas combinados completamente renovables: Considerando las características intermitentes de las fuentes utilizadas estos sistemas se pueden utilizar en aplicaciones conectadas a la red. Estos sistemas unen las tecnologías fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica.

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada[43].

Combustible no renovable: Combustible extraído de un recurso finito que terminará esquilmado y siendo demasiado costoso o demasiado perjudicial para el medio ambiente para que pueda ser recuperado; comprende los combustibles fósiles provenientes del carbón, petróleo y gas natural y la energía nuclear.

Gases de efecto invernadero Compuestos químicos presentes en la atmósfera que bloquean la radiación solar y el calor.

[43] (Ixtebe Portabelle 2010)

Pirólisis Proceso de descomposición de materias orgánicas mediante calor en un ambiente carente de oxígeno; es un método para convertir la biomasa en biogasóleo.

Biomasa: Materia orgánica que se encuentra tanto encima como debajo del suelo, y tanto viva como muerta; por ejemplo, árboles, cultivos, hierbas, hojarasca y raíces.

Combustible fósil: Fuente de energía no renovable producida por los restos de organismos vivientes que se constituyen bajo el suelo o en el curso de períodos geológicos, pudiendo adoptar una forma líquida (aceite), sólida (carbón, turba) o gaseosa (gas natural).

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Intensidad eléctrica: Magnitud eléctrica definida como la cantidad de electricidad que pasa a través de la sección de un cable conductor en un segundo. Se mide en Amperios (A)

Interruptor: Aparato utilizado para conectar o desconectar parte de una instalación.

Megawatt: Un millón de watts (1 MW = 1 000 000 W)

Módulo o módulo solar fotovoltaico: Conjunto de celdas solares interconectadas dentro de una unidad sellada.

Potencia eléctrica: Capacidad de los aparatos eléctricos para producir trabajo (la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo). La unidad de medida es el Watt (W), el kilowatt (kW) o el megawatt (MW).

Célula solar o fotovoltaica

Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Radiación solar

Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Irradiancia

Densidad de potencia incidente en una superficie o a energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m^2

Irradiación

Energía incidente por unidad de superficie y a lo largo de un cierto periodo de tiempo. Se mide en kWh/m^2.

Instalación fotovoltaica

Aquella que se disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

Instalaciones fotovoltaicas interconectadas

Aquellas que normalmente trabajan en paralelo con la empresa concesionaria de energía eléctrica.

Panel fotovoltaico

Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

Arreglo solar: Conjunto de módulos solares fotovoltaicos conectados eléctricamente e instalados.

Caja de conexión: Caja a donde se llevan los cables para realizar las conexiones.

Carga: Cualquier dispositivo o aparato que demanda potencia. Esta depende de cada aparato y varía durante el día de acuerdo a la manera en que esta ópera.

Condiciones de prueba estándar: Condiciones en las cuales se prueban los módulos fotovoltaicos en laboratorio (1 kWh/m^2 de radiación solar, 25°C de temperatura de la celda solar y espectro solar correspondiente a una masa de aire de 1,5).

Conexión en paralelo: Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual.

Conexión en serie: Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.

Conductor eléctrico: Todo material capaz de conducir la corriente eléctrica. Para transportar la energía eléctrica se utilizan “hilos” fabricados generalmente de cobre o aluminio.

Consumo eléctrico: Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (kWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.

Constante solar: Cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de 1 m^2 por segundo, cuando ésta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente 1,36 kW/m^2.

Corriente continua: La corriente continua (CC o DC, en inglés) se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el

mismo sentido, el cual va desde el polo negativo de la fuente al polo positivo. Al desplazarse en este sentido los electrones, los huecos o ausencias de electrones (cargas positivas) lo hacen en sentido contrario, es decir, desde el polo positivo al negativo.

Corriente de corto circuito: Corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.

Corriente de máxima potencia: Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.

Cortocircuito: Conexión accidental de dos conductores de distinta fase, o de éstos con el neutro.

Curva I-V: Característica Intensidad vs. Voltaje tomada bajo condiciones determinadas de radiación. Es la información esencial para caracterizar a los módulos fotovoltaicos.

Eficiencia de la celda: Relación entre la potencia que entrega una celda solar (expuesta a pleno sol) a la potencia solar incidente sobre ella.

Horas de sol pico: Número equivalente de horas a 1 kWh/m^2 de radiación solar que produce la misma cantidad de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación.

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Masa de aire: Medida de la distancia que atraviesa la luz en la atmósfera en su trayectoria hacia la superficie terrestre.

Megawatt: Un millón de watts (1 MW = 1 000 000 W)

Módulo o módulo solar fotovoltaico: Conjunto de celdas solares interconectadas dentro de una unidad sellada.

NOCT (Nominal Operation Cell Temperature): Es la temperatura que alcanza la celda cuando ésta se expone a 800 W/m^2 de radiación en un ambiente con aire a 20°C de temperatura y circulando a una velocidad de 1 m/s, cuando la celda está en circuito abierto.

Punto de máxima potencia: Punto de la curva I-V en donde el producto I * V (potencia) tiene su valor máximo.

Voltaje de circuito abierto: Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.

Voltaje de máxima potencia: Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.

Watt pico: Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento (1000 W/m^2, 25°C y 1,5 de masa de aire).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación Aplicada[44]: En este tipo de investigación el énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Se centra específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado. En este caso utilizaremos los conocimientos de sistemas fotovoltaicos y de biomasa con la finalidad de solucionar un problema real que es la falta de suministro de energía eléctrica en el Centro poblado El Afluente ubicado en Rioja.

Investigación de Datos Primarios: Debido a que los datos han sido extraídos por el propio investigador de la misma población en estudio.

Investigación de Datos Secundario: Debido a que los datos de irradiación solar, velocidad del viento han sido obtenidas de diferentes fuentes.

El diseño de la investigación es no experimental[45]: Es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. Este concepto se ajusta a la investigación pues se va estudiar a la población sin alterarla observar la situación problemática e ir obteniendo información a través de las técnicas e instrumentos.

[44] https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/

[45] https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf

3.2. Población y muestra

La población son las unidades de vivienda del centro poblado El Afluente ubicado en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin.

La Muestra son las unidades de vivienda del centro poblado El Afluente ubicado en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin.

3.3. Hipótesis

Si dimensionamos un sistema hibrido de energía renovable solar-biomasa entonces electrificaremos el centro poblado el Afluente en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin.

3.4. Variables - Operacionalización

X: Variable independiente:

Biomasa y energía solar

Y: Variable dependiente:

Energía eléctrica

Tabla N° 5: Operacionalización de variables[46]

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Independiente: Biomasa y energía solar fotovoltaica	La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente[47]. La **energía solar** es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la electromagnética procedente del Sol[48]	Dimensionamiento de un sistema que aproveche la biomasa y la energía solar fotovoltaica para generar electricidad.	Determinar la cantidad de biogas (m^3/día). Producción de electricidad a partir del biogas (kWh) . Dimensionar el biodigestor, grupo electrógeno (KW). Dimensionar el sistema fotovoltaico.
Dependiente: Energía eléctrica	La **energía eléctrica** es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones) que se produce en el interior de materiales conductores[49] (por ejemplo, cables metálicos como el cobre).	Determinar la energía promedio diaria, la tensión de salida	Energía promedio diaria proyectada. (W.h) Tensión de suministro (V)

[46] Fuente: elaboración a partir de conceptos
[47] http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html
[48] https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar
[49] https://twenergy.com/energia/energia-electrica

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Se usaron los siguientes métodos de investigación

Deductivo: porque se han considerado características generales del uso de energías renovables solar fotovoltaico y biomasa para aplicarlo a una situación particular el centro poblado El Afluente ubicado en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin.

Las técnicas que se usaron fueron las siguientes:

a) Observación directa

Con la aplicación de esta técnica se tuvo conocimiento de la situación actual del centro poblado El Afluente en la provincia de Rioja.

b) La Entrevista[50]: es un diálogo entablado entre dos o más personas: el entrevistador interroga y el que contesta es el entrevistado. La palabra **entrevista** deriva del latín que significa "Los que van entre sí". Se realizó la entrevista a los habitantes de las viviendas del caserío con la finalidad de conocer los electrodomésticos que usan y las que usarían en caso de haber suministro de energía eléctrica.

c) Análisis de contenido

Se utilizó esta técnica para obtener información de diferentes bibliografías sobre sistemas fotovoltaicos sistemas eólicos: tesis, revistas, textos, software páginas web, etc.

[50] https://es.wikipedia.org/wiki/Entrevista_period%C3%ADstica

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

De acuerdo a la técnica utilizada tenemos los siguientes instrumentos

Tabla N° 6: Tecnicas e instrumentos[51]

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación directa	Cuaderno de apuntes, fichas de campo, fotografías.
Entrevista	Cuaderno y lapicero
Análisis de contenido	Libros, tesis, revistas, páginas web de internet

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

La información obtenida en el presente trabajo de investigación, como son datos de irradiación solar, máxima demanda eléctrica y la energía generada con el sistema convencional y fotovoltaico, se han organizado en tablas y gráficas de barras utilizando el MS Excel 2016, además de la cantidad de residuos ganaderos que se procesaron para obtener la candia de energía eléctrica que se puede obtener gracias a ello se ha podido dar respuestas al problema planteado.

Una medida de tendencia central que se ha utilizado es la media aritmética, la cual permitió expresar en forma resumida los datos de energía eléctrica consumida diaria.

[51] Fuente: elaboración propia del autor

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Propuesta de la investigación

En vista de la problemática en el centro poblado El Afluente ubicado en la provincia de Rioja perteneciente al departamento de San Martin.

se propone el dimensionamiento de un sistema utilizando la biomasa del residuo del ganado vacuno debido a que los habitantes se dedican a la ganadería y la agricultura.

Para lo cual se propone o siguiente:

a) Biodigestor. De las dimensiones adecuadas en concordancia a la cantidad de estiercol más el agua el cual además del biodigestor propiamente dicho tendremos un sistema de purificación para hacer el ingreso del biogas al grupo electrógeno.

a) Generador Fotovoltaico: Que estará formado por un conjunto de paneles fotovoltaicos, se tendrá en cuenta una marca reconocida y la potencia que sea comercializables es decir fácil de poder adquirirlo. El número de paneles fotovoltaicos se determinará en función de la máxima demanda de la carga.

b) Controlador de carga solar: De marca reconocida con la capacidad de corriente eléctrica de tal manera que pueda soportar la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico y la potencia suficiente para que no se produzcan sobrecargas.

c) Banco de batería: Se considerará baterías de marca reconocida y la capacidad se seleccionará en función de la energía de la carga y los días de autonomía.

d) El inversor: Para transformar la corriente eléctrica en CD a AC y poder suministrarle a la carga los 220 V y a una frecuencia de 60 Hz.

e) Red de distribución en 220 V

Con la finalidad de poder llevar la energía desde el sistema biomasa fotovoltaico a cada uno de las viviendas y así lograr su aprovechamiento por parte de los habitantes.

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Cálculo de la demanda de energía y máxima demanda en el centro poblado El Afluente

El centro poblado El Afluentes tiene 27 unidades de vivienda y 01 local comunal, con la finalidad de proyectar las unidades de vivienda es necesario obtener el dato de la tasa de crecimiento

Tabla N° 7: Población[52] en el distrito de Pardo Miguel-Rioja según el censo 1993

CENSOS NACIONALES 1993
IX DE POBLACIÓN Y IV DE VIVIENDA
SISTEMA DE CONSULTA DE DATOS
BASE DE DATOS

PRESENTACIÓN

Variables de Población

Sexo

HOMBRES	11,295	53.26	53.26
MUJERES	9,912	46.74	100.00
Total	21,207	100.00	100.00
AREA # 220805	**PARDO MIGUEL**		
Categorías	**Casos**	**%**	**Acumulado %**
HOMBRES	5,129	53.42	53.42
MUJERES	4,473	46.58	100.00
Total	9,602	100.00	100.00

[52] http://censos.inei.gob.pe/Censos1993/redatam/#

Tabla N° 8: Población del distrito Pardo Miguel- Rioja[53] según el censo 2005

CENSOS NACIONALES 2005
X DE POBLACIÓN Y V DE VIVIENDA
SISTEMA DE CONSULTA DE DATOS
BASE DE DATOS

PRESENTACIÓN

Variables de Población

Sexo

Hombre	15,805	51.73	51.73
Mujer	14,746	48.27	100.00
Total	30,551	100.00	100.00
AREA # 220805	**PARDO MIGUEL**		
Categorías	**Casos**	**%**	**Acumulado %**
Hombre	8,637	52.54	52.54
Mujer	7,803	47.46	100.00
Total	16,440	100.00	100.00

Tabla N° 9: población en el distrito de Pardo Miguel-Rioja[54]

CENSOS NACIONALES 2007
XI DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA
SISTEMA DE CONSULTA DE DATOS
BASE DE DATOS

PRESENTACIÓN

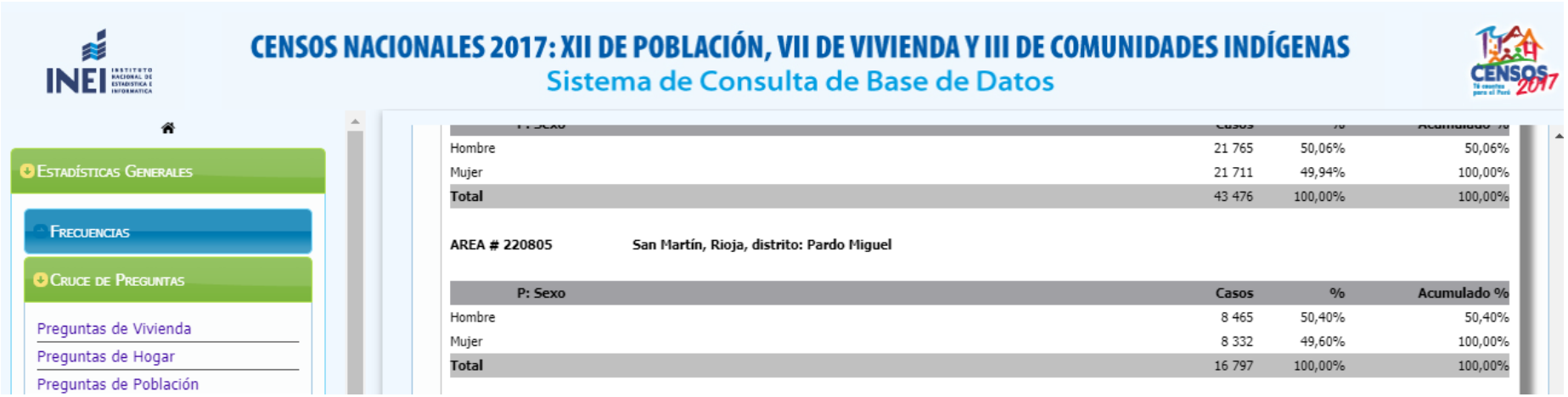
Preguntas de Población

P: Según Sexo

Hombre	18,424	51.58	51.58
Mujer	17,294	48.42	100.00
Total	35,718	100.00	100.00
AREA # 220805	**Dpto. San Martin Prov. Rioja Dist. Pardo Miguel**		
Categorías	**Casos**	**%**	**Acumulado %**
Hombre	8,915	52.17	52.17
Mujer	8,173	47.83	100.00
Total	17,088	100.00	100.00

[53] http://censos.inei.gob.pe/Censos2005/redatam/#
[54] http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/#

Tabla N° 10: población del distrito Pardo Miguel[55] según censo 2017



CENSOS NACIONALES 2017: XII DE POBLACIÓN, VII DE VIVIENDA Y III DE COMUNIDADES INDÍGENAS

Sistema de Consulta de Base de Datos

ESTADÍSTICAS GENERALES

FRECUENCIAS

CRUCE DE PREGUNTAS

Preguntas de Vivienda

Preguntas de Hogar

Preguntas de Población

Hombre	21 765	50,06%	50,06%
Mujer	21 711	49,94%	100,00%
Total	43 476	100,00%	100,00%

AREA # 220805 **San Martín, Rioja, distrito: Pardo Miguel**

P: Sexo	Casos	%	Acumulado %
Hombre	8 465	50,40%	50,40%
Mujer	8 332	49,60%	100,00%
Total	16 797	100,00%	100,00%

[55] http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/

Con los datos de población década uno de los censos procedemos a calcular la tasa de crecimiento poblacional del distrito Pardo Miguel el cual lo consideramos aplicable al centro poblado El Afluente. Aplicando la siguiente ecuación

$$\boldsymbol{t} = \sqrt[n]{\frac{\boldsymbol{P_f}}{\boldsymbol{P_o}}} - \mathbf{1} \ldots (\mathbf{1})$$

Donde:

Po: Población inicial

Pf: Población después de n años

Con la tasa de crecimiento determinada proyectaremos la población y vivienda para 20 años

Tabla N° 11: Tasa de crecimiento poblacional para el centro poblado El Afluente[56]

Censo	Población	Tasa de crecimiento
1993	9 602	
2005	16 440	4,58 %
2007	17 088	1,95 %
2017	16 797	-0,17 %
Promedio		2,12 %

De los datos de los censos de población calculamos la tasa de crecimiento poblacional utilizando la siguiente formula:

[56] Fuente: elaboración propia del autor

$$P_{20} = P_0(1+i)^n \ldots.(2)$$

Donde:

Po: Población actual (95 habitantes)

P_{20} : Población proyectada al año 20

i: Taza de crecimiento poblacional (2,2%)

el número de habitantes proyectados para el año 20 es de:

$$P_{20} = 95x(1+0,022)^{20} = 146,81 \approx 147\ habitantes$$

La cual supone que la relación entre el número de personas por unidad de viviendas es constante.

Reemplazando los resultados anteriores:

$$Vivivenda_{20} = Vivienda_0 x\left(\frac{Poblacion_{20}}{Poblacion_0}\right) \ldots (3)$$

$$Vivivenda_{20} = 27x\left(\frac{147}{95}\right) = 41,8 \approx 42\ vivendas$$

La energía promedio diaria para el caserío El Afluente se muestra en la Tabla N° 12

Tabla N° 12: Energía promedia diaria[57] para uso doméstico en el Centro poblado El Afluente- Rioja

Descripción	Unid.	Potencia (W)	Uso diario (h)	Energía (W.h)	Potencia total (W)
laptop	1	60	3	180	60
Radio	1	10	5	50	10

[57] Fuente: elaboración propia del autor

lámparas	3	8	4	32	24
Cargador de celular	1	60	1,5	90	60
televisor	1	60	3	180	60
Sub total				**530**	**195**

Tabla N° 13: Energía eléctrica para el local comunal

Descripción	Unid.	Potencia (W)	Potencia total (W)	Uso diario (h)	Energía (W.h)
Radio	1	10	10	5	50
lámparas	3	5	15	4	20
Cargador de celular	1	60	60	1,5	90
Equipo de sonido	1	300	300	1	300
Sub total			**385**		**460**

Se ha considerado una lampara de alumbrado la ubicación de esta será en sistema de generación eléctrica eólico -biomasa, con un uso diario de 4h .

Entonces la energía promedia diaria para el centro poblado El Afluente en Rioja es de:

$$Energia\ promedio\ diaria\ para\ el\ \ centro\ poblado\ el\ afluente$$
$$= 22{,}260\ kW.h + 0{,}460\ kW.h + 0{,}240\ kW.h = 22{,}960\ kW.h$$

Con respecto a la máxima demanda se considerará la situación en que la máxima demanda es igual a la potencia instalada, por lo tanto, la máxima.

$$Maxima\ Demanda = 8{,}190\ kW +\ 0{,}385\ kW + 0{,}06\ kW = 8{,}35\ kW$$

5.2. Datos de irradiación solar en el centro poblado El Afluente

Los datos de irradiación solar de obtuvieron de las siguientes fuentes:

***ATLAS DE ENERGÍA SOLAR DEL PERÚ*[58]**, de este documento observamos que la Irradiación solar más desfavorable para el departamento de San Martin varía entre 4,0 kWh/m^2/día y 4,5 kWh/m^2/día por lo que se considerará el valor promedio de 4,25 kWh/m^2/día. (Ver ANEXO 01)

DATOS DE IRRADIACIÓN SOLAR SEGÚN LA NASA

Con la ubicación geográfica en términos de latitud y longitud e ingresando al a página web de la NASA: https://power.larc.nasa.gov/

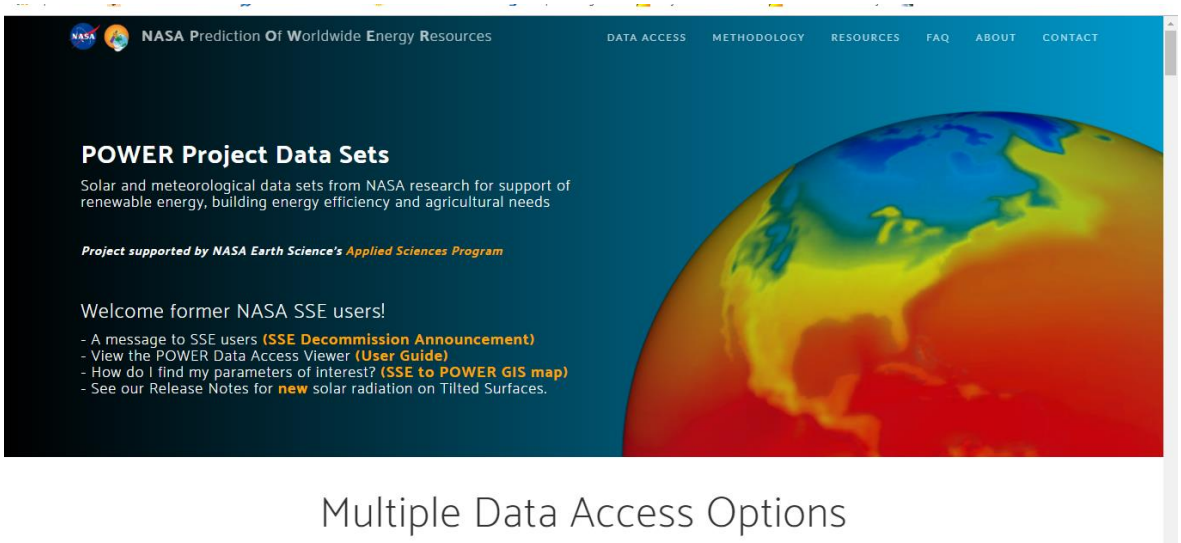


Figura N° 19: Ingreso a la página web[59] de la NASA

[58] (SENAMHI 2003)
[59] https://power.larc.nasa.gov/

Seleccionamos la pestaña DATA ACCES para abrir la siguiente ventana

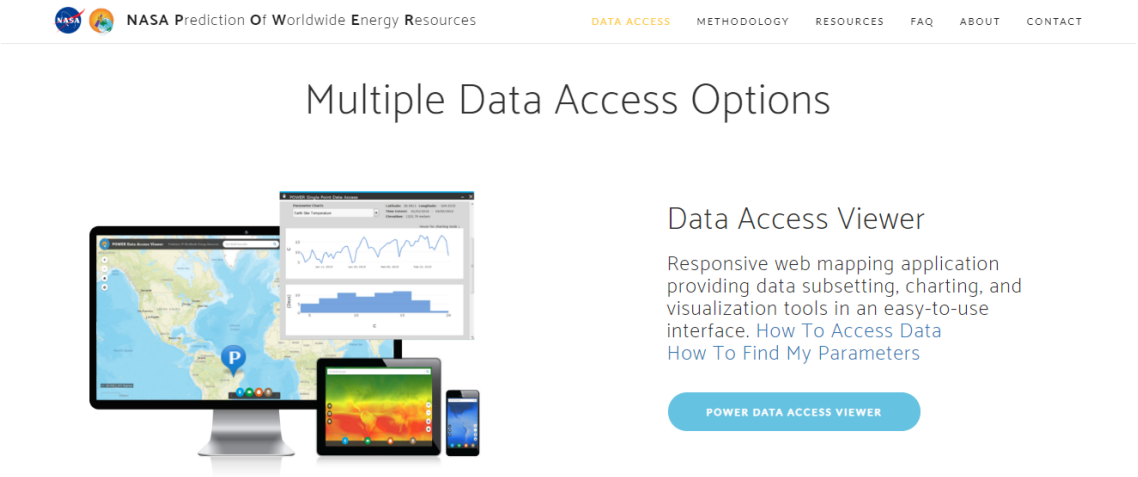


Figura N° 20: Ingreso a Múltiple Data Access[60]

Luego damos clip en POWER DATA ACCES VIEWER

para y luego seleccionamos POWER DATA ACCES VIEWER e ingresamos los datos de latitud y longitud

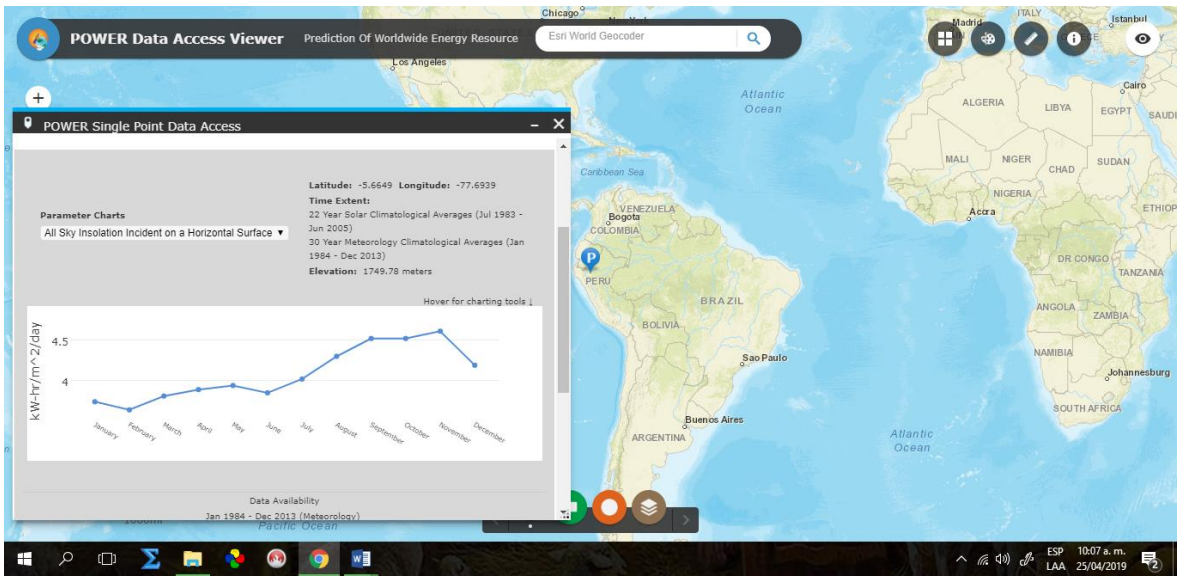
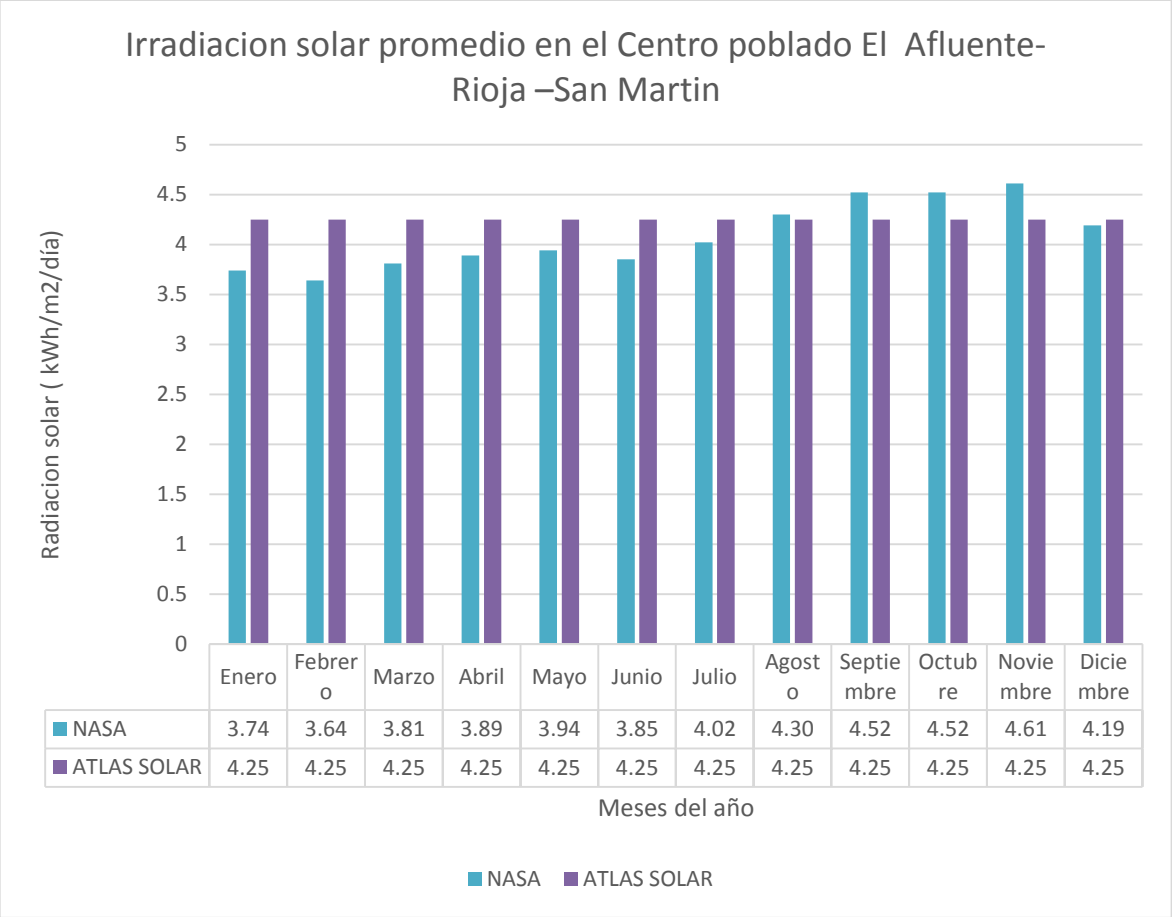


Figura N° 21: Datos de irradiación solar según la NASA

[60] https://power.larc.nasa.gov/

Luego de obtener los datos de las dos fuentes elaboramos la siguiente figura comparativa que se muestra a continuación



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NASA	3.74	3.64	3.81	3.89	3.94	3.85	4.02	4.30	4.52	4.52	4.61	4.19
ATLAS SOLAR	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25

Figura N° 22: Comparación de datos de irradiación solar[61]

De la Figura N°22, el menor valor de irradiación solar es de 3,64 kWh/m^2/día. valor que se considerara en los cálculos.

5.3. Cálculo del sistema con biomasa

[61] Elaborado a partir de los datos de irradiación solar de ambas fuentes

La biomasa que se considerara es el estiercol del ganado vacuno y por ello es necesario cuantificar el peso total de kilogramos de estiercol diario.

De las visitas realizadas se recogieron los datos sobre el número de cabezas de ganado tal como se muestra en la siguiente Tabla N° 14

Tabla N° 14: Ganado vacuno en el caserío el Afluente[62]

Tamaño	***N° Animales***
Grande (vacas)	20
Mediano (toros)	13
Pequeño(vaquillonas)	8
Ternero	12
Total	**53**

En base a la Tabla N° 14 procedemos a calcular la cantidad de biogas que se produce diariamente y la cantidad de energía eléctrica producida utilizando un grupo electrógeno que trabaja con biogas el cual tiene una producción de energía de 0,65 m^3/kW.h

Se ha considerado un factor de 0,7 que debe ser multiplicado por el volumen de biogas producido esto debido a que la producción de biogas no es constante, entonces para tener en cuenta las fluctuaciones de producción se considera ese factor.

<u>Cálculo de la producción de biogas a partir del estiercol</u>

[62] Fuente: elaboración propia

Para determinar la cantidad de biogas que se producirá al día consideraremos lo siguiente[63]

Que la cantidad de Sólidos Totales (ST) del estiércol fresco de vacuno es del 16%, que la relación entre los sólidos volátiles y los sólidos totales (SV/ST) para este tipo de estiércol es del 81% y que el potencial de biogás por cada kg de SV es de 0,27 m^3 , Entonces obtenemos que:

$$\left(\frac{1\ kg\ de\ \ estiercol}{0{,}16\ kg\ ST}\right) x \left(\frac{1\ kg\ de\ ST}{0{,}81\ kg\ SV}\right) x \left(\frac{1\ kg\ de\ SV}{0{,}27\ m^3 de\ biogas}\right)$$

$$= \left(\frac{1\ kg\ de\ \ estiercol}{0{,}035\ m^3 de\ biogas}\right) .. (4)$$

1 kg de estiércol produce 0,035 m^3 de biogas, entonces elaboramos la tabla N° 15 para determinar la cantidad de biogas que se producirá y la energía eléctrica. Se considera un grupo electrógeno a biogas (ANEXO 09)

Tabla N° 15: Cantidad de biogas producido

Tamaño	**Cantidad de estiercol[64] (kg/día)**	**N° Animales**	**Masa de estiercol (kg)**	**Producción m3/kg estiercol**	**Cantidad de biogas producido (m3)**	**Energía producida (kW.h)**
Grande (vacas)	12	20	240	0,035	8,40	6,62
Mediano (toros)	9	13	117	0,035	4,09	3,23
Pequeño(vaquillonas)	6	8	48	0,035	1,68	1,32
Ternero	4	12	48	0,035	1,68	1,32
	SUBTOTALES	**53**	**453**		15,86	12,49

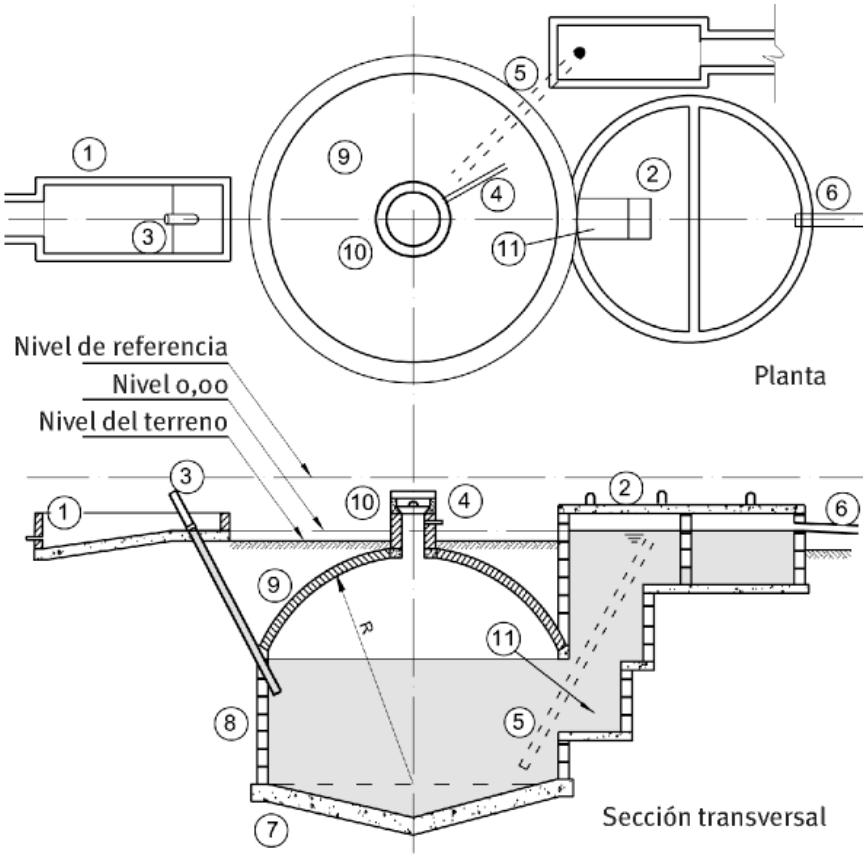
Fuente: elaboración propia

[63] https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/14508/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[64] (Chonlon Velicoso 2016)

Entonces de la Tabla N° 15 la energía suministrada por el sistema con biodigestor es de 12,49 kW.h y la energía total que hay que suministrar a la carga es de 22,960 kW.h, por lo cual representa el 54,3% la energía restante será suministrada por el sistema fotovoltaico

5.3.1. Volumen del biodigestor

Se propone un biodigestor de cúpula fija



1. Tanque de mezcla (desarenerador)
2. tanque de compensación
3. Tubo de carga
4. Tubo de salida del biogás
5. Tubo de salida de lodos
6. Tubo de reboso
7. Loza de fondo
8. Muro circular
9. Cúpula de ladrillos
10. Cuello
11. Acceso del tanque de compensación

Figura N° 23: biodigestor de cúpula fija[65]

Las ecuaciones para el dimensionamiento se muestran a continuación[66]

[65] (Guardado Chacon 2006)

Dimensiones del biodigestor

Del volumen del reactor $\boldsymbol{V_{Biodigestor}}$

Se calcula el radio del volumen predefinido

$$R = \sqrt[3]{\frac{V_B}{1{,}121.\boldsymbol{\pi}}} \ldots (5)$$

Se calcula la unidad en metros (U)

$$U = \frac{R(m)}{4} \ldots (6)$$

Se determina el resto de los parámetros

Cálculo de las proporciones:

Radio de la cúpula: $R_C = 5xU \ldots (7)$

diámetro del cilindro: $D = 8xU \ldots (8)$

Altura de la cúpula $h_c = 2xU.. (9)$

Altura de la pared $h_p = 3xU \ldots (10)$

Altura del cono base $h_t = 0{,}15xD \ldots . (11)$

Volúmenes parciales:

$$V1 = Cilindro\ (m3) = \pi * R^2 * h_P \ldots (12)$$

$$V2 = segmento\ esferico\ (m3) = \frac{\pi * h_c}{6}(3 * R^2 + h_c^2) \ldots (13)$$

$$V3 = Cono\ base\ (m3) = \pi * R^2 * \frac{h_t}{3} \ldots (14)$$

Volumen del biodigestor:

[66] (Guardado Chacon 2006)

$$\boldsymbol{V_B = R^3.\pi.1,121} = Vtot = V1 + V2 + V3 \ldots.(\mathbf{15})$$

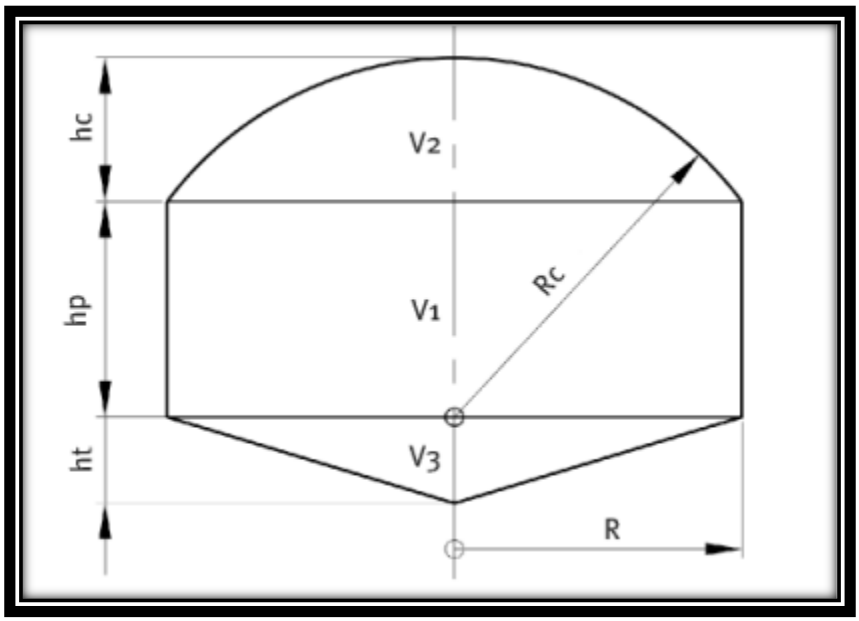


Figura N° 24: Biodigestor propuesto[67]

Apoyados de una hoja de cálculo en Excel. Obtenemos lo siguiente:

[67] (Guardado Chacon 2006)

Tabla N° 16: dimensiones del biodigestor propuesto[68]

volumen del biodigestor (m3)		
masa de estiercol	*453*	*kg*
masa de agua	*453*	*kg*
tiempo de retencion	*30*	*dias*
volumen del biodigestor	*35,16*	*m3*
dimensiones del biodigestor:		
R=	*2,2*	*m*
Unidad=	*0,5*	
Radio de la cupula=	*2,7*	*m*
Diamtro del cilindro=	*4,3*	*m*
Altura de la cupula=	*1,1*	*m*
altura de pared=	*1,6*	*m*
altura del cono base=	*0,6*	*m*
volumenes parciales		
v1 : volumen del cilindro	*23,4*	*m3*
v2: segmento esferico	*12,8*	*m3*
v3: volumen del cono:	*1,6*	*m3*

Grupo electrógeno

El volumen de biogas es de 12,49 kW.h y con un factor de 1,2 debido a la no uniformidad de producción del biogas, considerando 8 horas de funcionamiento. Ahora según las recomendaciones[69]:

debemos calcular entre un 10% y un 35% de potencia de más, con el fin que el generador trabaje dentro del entorno de potencia continua y no el de potencia de emergencia, trabajando así de forma eficiente, con un

[68] Fuente: elaboracion propia
[69] https://www.comercturro.com/blog/construccion/como-calcular-la-potencia-que-necesitamos-en-un-grupo-electrogeno.html

correcto consumo de combustible y garantizando una larga vida útil del grupo electrógeno.

Entonces la potencia del grupo electrógeno a utilizarse debe ser de 3 kW

5.4. Cálculo del sistema fotovoltaico

En un sistema fotovoltaico debe ser capaz de suministrar 10,47 kW.h al día Para el cálculo del generador fotovoltaico hay que considerar las pérdidas ocasionadas en el inversor, controlador, batería de acumuladores, perdidas de potencia por efecto joule en los conductores, no trabajar en el punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos, etc. Se considera un rendimiento global (F) de: 0,6 (Castejon, 1998). Entonces la potencia pico del generador fotovoltaico debe ser de:

$$\boldsymbol{Potencia\ del\ generador\ fotovoltaico(kWp)} = \frac{\boldsymbol{Energia\ fotovoltaica}}{\boldsymbol{0,6xHSP}} \ldots (\mathbf{16})$$

$$\boldsymbol{Potencia\ del\ generador\ fotovoltaico(Wp)} = \frac{\mathbf{10\ 470\ W.h}}{\mathbf{0,6x3,64}}$$

$$= \mathbf{4\ 793,96\ Wp}$$

<u>Número de paneles fotovoltaicos</u>

Se propone el uso de paneles de la marca Waaree de 200 Wp, 24 V (ver ANEXO 02) entonces

$$Numero\ \ de\ paneles = \frac{Potencia\ del\ generador\ fotovoltaico}{Potencia\ del\ panel\ propuesto} \ldots (17)$$

$$Numero\ \ de\ paneles = \frac{4\ 793{,}96\ Wp}{200\ Wp} = 23{,}90 \approx 24$$

$$\boldsymbol{Se\ usaran\ 24\ paneles\ fotovoltaicos\ Waaree\ de\ 200\ Wp}$$

Figura N° 25: Paneles fotovoltaicas Waaree[70] de 200 Wp

Capacidad del banco de baterías

La capacidad del banco de baterías se calcula con la siguiente ecuación

$$\boldsymbol{C_{bat}} = \left(\boldsymbol{N_{autonomia}\ x\ E_{entregado\ a\ la\ carga}}\right) / \left(\boldsymbol{P_D}\ \mathbf{x}\ \boldsymbol{V_T}\right) .. (\mathbf{18})$$

Donde:

$\boldsymbol{C_{bat}}$ **=** Capacidad mínima del banco de baterías, expresada en Ah.

$\boldsymbol{N_{autonomia}}$ **=** Número de días de autonomía =2.

$\boldsymbol{P_D}$ **=** Profundidad de descarga de la batería **=**0,8.

$\boldsymbol{V_T}$ **=** 48 V.

$$C_T = \frac{(2\ x\ 10\ 470)}{0{,}7x48} = 545{,}31\ A.h$$

[70] https://autosolar.pe/pdf/waaree_200w_24v.pdf

Proponemos el uso de baterías RITAR de 150 A.h, 12 V (ANEXO 03)

Figura N° 26: Batería RITAR[71] se150 Ah

El número de baterías que deben conectarse en serie:

$$\boldsymbol{N}_{\boldsymbol{baterias-serie}} = \frac{48}{12} = 4 \ \ baterías$$

El número de baterías que deben conectarse en paralelo

$$\boldsymbol{N}_{\boldsymbol{ramas\ bateria-paralelo.}} = \boldsymbol{C}_{\boldsymbol{Baterias}} \ / \ \boldsymbol{C}_{\boldsymbol{bat.}} \ldots (\mathbf{19})$$

$\boldsymbol{C}_{\boldsymbol{bat.}}$ **=** Capacidad individual de una batería (Ah).

$$N_{P\ bat.} = 545{,}31 / \ 150$$

$$N_{P\ bat.} = 3{,}6 \approx 4$$

Luego el número total de baterías es de 16

$$\boldsymbol{Se\ usara\ 16\ baterias\ Ritar\ de\ 150\ A.h}$$

<u>Capacidad del regulador</u>

[71] https://autosolar.pe/baterias-agm-12v/bateria-ritar-12v-150ah-dc-agm

La máxima corriente eléctrica que circulara por el controlador esta dado por la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{Capacidad\ del\ regualdor\ (A) = 1,25xI_{Sc}x\ \ N_{ramas-paralelo} \ldots . (20)}$$

$$\boldsymbol{Capacidad\ del\ regualdor\ (A) = 1,25x6,0x12 = 90\ A}$$

$$\boldsymbol{Se\ usara\ 02\ controlador\ VICTRON\ ENERGY\ de\ 150/60}$$

Figura N° 27:Controlador[72] 150/60 VICTRON ENERGY

Dimensionamiento del inversor

Para el dimensionamiento del inversor usaremos la siguiente ecuación

$$\boldsymbol{Potencia\ \ del\ inversor = \frac{Maxima\ demanda\ de\ la\ \ carga}{eficiencia\ del\ inversor} \ldots (21)}$$

$$\boldsymbol{Potencia\ \ del\ inversor = \frac{8350\ W}{2x0,85} = 4\ 911,76\ W}$$

$$\boldsymbol{Se\ usara\ 1\ inversor\ Must\ Solar\ de\ 6\ kW}$$

[72] https://autosolar.pe/controladores-de-carga

Angulo óptimo de inclinación:

El ángulo de inclinación óptimo de los paneles fotovoltaicos fijos se calcula con la siguiente ecuación

$$\boldsymbol{\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |-Latitud|) \ldots (22)}$$

sabiendo que la latitud es de

Latitud: -5.66491166600

luego el ángulo óptimo es de 7,61°, consideraremos 15° con la finalidad de evitar la acumulación de polvo humedad.

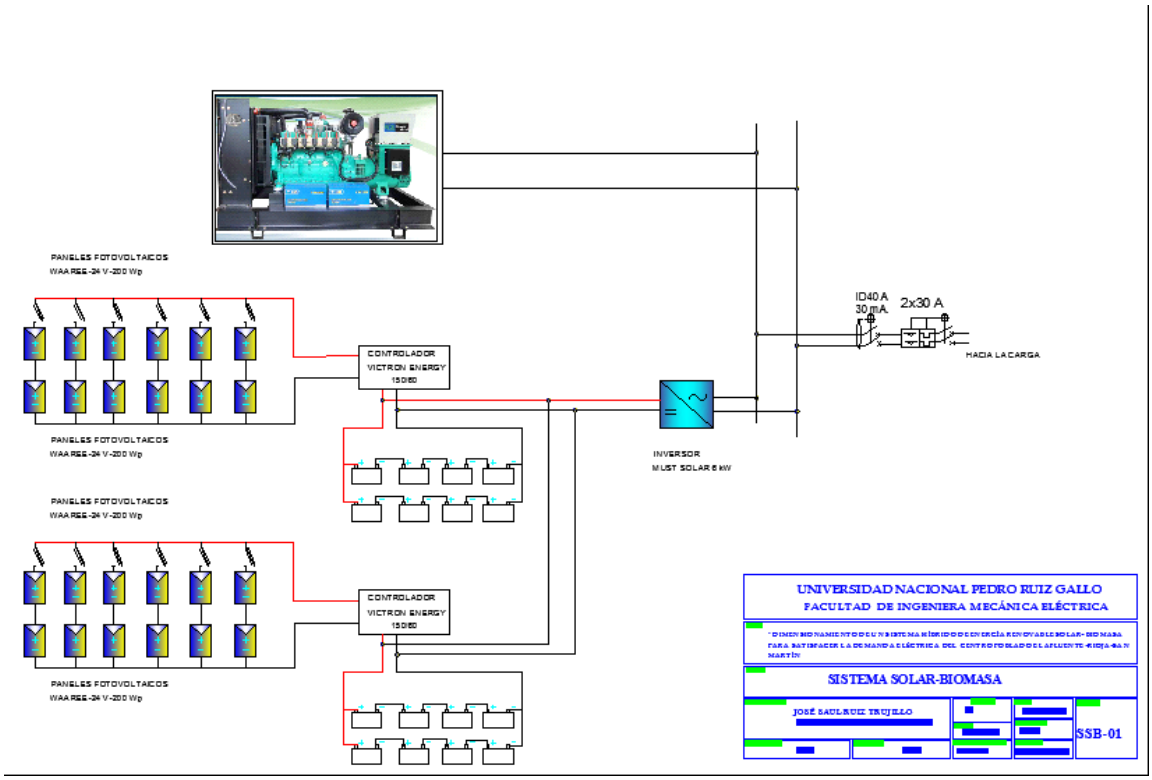


Figura N° 28: sistema solar-biomasa[73]

[73] Fuente: elaboracion propia

5.5. Dimensionamiento del sistema de distribución en 220 V

La red de distribución en baja tensión que hace posible transportar la energía eléctrica desde el sistema hibrido hacia cada una de las viviendas para su dimensionamiento tendremos en cuenta la norma D.G.E. “Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural”.

5.5.1. Cálculos eléctricos

5.5.1.1. Cálculo de caída de tensión

La ecuación para calcular la caída de tensión en redes aéreas es la (48)

El sistema de distribución que propone es monofásico en 220 V, se ha considerado el conductor 1x16+1x16/25 para aquellos tramos con alumbrado público y en los vanos en que no hay alumbrado 1x16/25, el cual tiene una capacidad de corriente de 64 A (031-2003-DGE 2003).

De la potencia del inversor obtenemos la corriente eléctrica de diseño:

Aquí consideraremos la potencia del inversor

$$I_{MAX\ carga} = 6\ 000 / (220)$$

$$I_{MAX\ carga} = 27{,}27\ \text{A}$$

Como: 27,27 < 64 OK

5.5.1.2. Máxima caída de tensión permisible

Según la norma para (031-2003-DGE 2003) red de distribución rural la caída máxima de tensión entre la subestación de distribución y el extremo terminal más alejado de la red no deberá exceder el 7,0 % de la tensión nominal. Sistema 220 V: Máxima caída tensión 15,4 V.

El conductor eléctrico propuesto debe cumplir dos criterios, debe tener una capacidad de corriente mayor que la que requiere la carga y la caída máxima de tensión entre la subestación de distribución y el extremo terminal más alejado de la red no deberá exceder el 7,0 % de la tensión nominal.

Por caída de tensión:

Tabla N° 17: Caída de tensión C-I

Punto	Servicio Partidular					Long.	Tipo y Sección de Cond.	F.C.T.	Δ V S.P.	Σ Δ V Total	% de Δ V
	Nº Lotes	Carga Especial	CORRIENTE [A]	POT. [W]	Σ I [A]	[m]	[mm²]	[V/A-km]	[V]	[V]	
1			0,0	0,0	7,5	30,0	1X16+1X16/25	3,272	0,74	0,74	0,34%
2	3		1,3	292,5	7,5	50,0	1x16+N25	3,272	1,23	1,97	0,90%
4	2		0,9	195,0	6,2	50,0	1x16+N25	3,272	1,02	2,99	1,36%
7	1		0,4	97,5	5,3	50,0	1x16+N25	3,272	0,87	3,86	1,75%
8			0,0	0,0	4,9	50,0	1x16+N25	3,272	0,80	4,65	2,12%
9			0,0	0,0	4,9	50,0	1x16+N25	3,272	0,80	5,45	2,48%
10	2		0,9	195,0	4,9	50,0	1x16+N25	3,272	0,80	6,25	2,84%
11			0,0	0,0	4,0	50,0	1x16+N25	3,272	0,65	6,90	3,14%
12	1		0,4	97,5	4,0	50,0	1x16+N25	3,272	0,65	7,55	3,43%
13			0,0	0,0	3,5	50,0	1x16+N25	3,272	0,58	8,14	3,70%
14			0,0	0,0	3,5	50,0	1x16+N25	3,272	0,58	8,72	3,96%
15			0,0	0,0	3,5	50,0	1x16+N25	3,272	0,58	9,30	4,23%
16	2		0,9	195,0	3,5	50,0	1x16+N25	3,272	0,58	9,88	4,49%
19	2		0,9	195,0	2,7	50,0	1x16+N25	3,272	0,44	10,31	4,69%
20			0,0	0,0	1,8	50,0	1x16+N25	3,272	0,29	10,60	4,82%
21			0,0	0,0	1,8	50,0	1x16+N25	3,272	0,29	10,89	4,95%
22	1		0,4	97,5	1,8	50,0	1x16+N25	3,272	0,29	11,18	5,08%
23	1		0,4	97,5	1,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,20	11,38	5,17%
24	2		0,9	195,0	0,9	45,0	1x16+N25	3,272	0,13	11,51	5,23%
3	1		0,4	97,5	0,4	40,0	1x16+N25	3,272	0,06	2,03	0,92%
5			0,0	0,0	0,4	45,0	1x16+N25	3,272	0,07	3,05	1,39%
6	1		0,4	97,5	0,4	45,0	1x16+N25	3,272	0,07	3,12	1,42%
17			0,0	0,0	0,4	45,0	1x16+N25	3,272	0,07	9,94	4,52%
18	1		0,4	97,5	0,4	45,0	1x16+N25	3,272	0,07	10,01	4,55%

5,23% < 7% ok

Fuente: elaboracion propia del autor

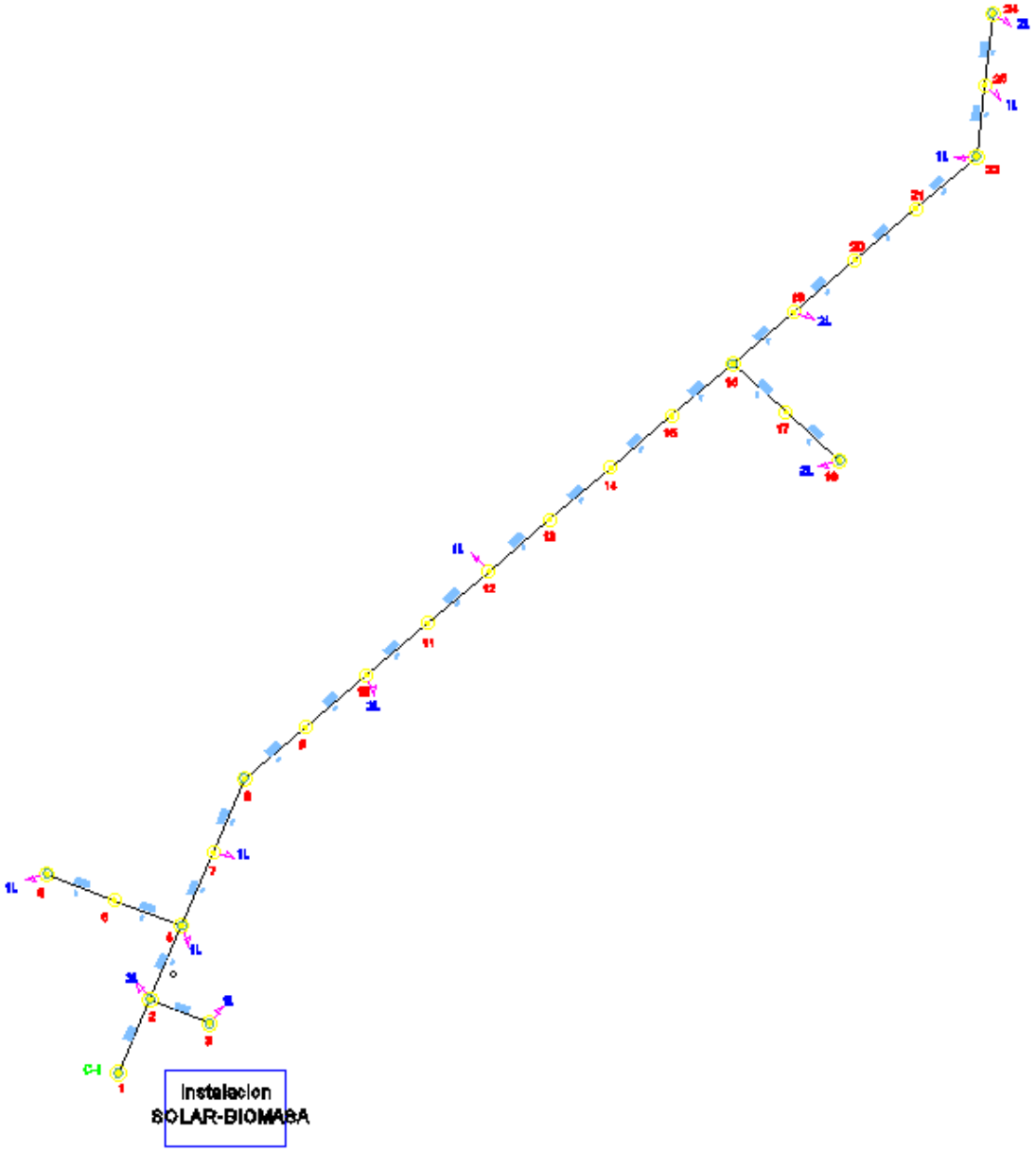


Figura N° 29: Diagrama de carga C-I

Fuente: elaboracion propia del autor

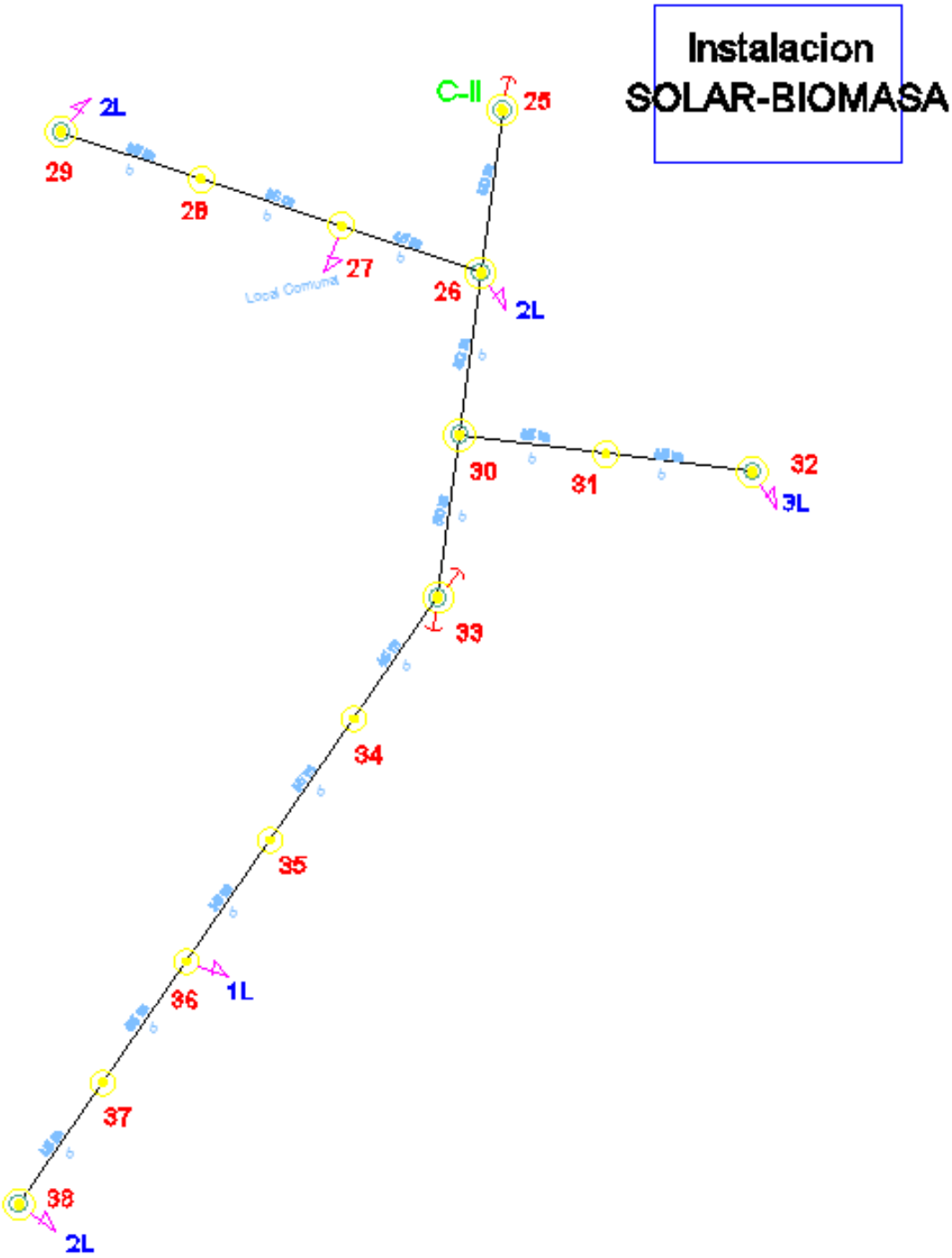


Figura N° 30: Diagrama de carga C-II

Fuente: elaboracion propia del autor

Tabla N° 18:Caida de tensión del C-II

Punto	Servicio Partidular					Long.	Tipo y Sección de Cond.	F.C.T.	Δ V S.P.	Σ Δ V Total	% de Δ V
	Nº Lotes	Carga Especial	CORRIENTE [A]	POT. [W]	Σ I [A]	[m]	[mm²]	[V/A-km]	[V]	[V]	
25			0,0	0,0	5,3	50,0	1x16+N25	3,272	0,87	0,87	0,39%
26	4	1	2,6	582,5	5,3	50,0	1x16+N25	3,272	0,87	1,74	0,79%
30	3		1,3	292,5	2,7	50,0	1x16+N25	3,272	0,44	2,17	0,99%
33			0,0	0,0	1,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,20	2,37	1,08%
34			0,0	0,0	1,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,20	2,56	1,16%
35			0,0	0,0	1,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,20	2,76	1,25%
36	1		0,4	97,5	1,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,20	2,95	1,34%
37			0,0	0,0	0,9	45,0	1x16+N25	3,272	0,13	3,08	1,40%
38	2		0,9	195,0	0,9	45,0	1x16+N25	3,272	0,13	3,22	1,46%
27		1	0,9	192,5	1,8	45,0	1x16+N25	3,272	0,26	2,00	0,91%
28			0,0	0,0	0,9	45,0	1x16+N25	3,272	0,13	2,13	0,97%
29	2		0,9	195,0	0,9	45,0	1x16+N25	3,272	0,13	2,26	1,03%
31			0,0	0,0	1,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,20	2,37	1,08%
32	3		1,3	292,5	1,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,20	2,56	1,16%
				1,46%	**<**	**7%**	**ok**				

Fuente: elaboracion propia del autor

De la Tabla N° 17 y Tabla N° 18 la caída de tensión en los circuitos es menor del 7% por lo que el conductor propuesto cumple con lo establecido por la norma.

Tabla N° 19: Características de los cables autoportantes[74]

FORMACION	SECCION DEL CONDUCTOR PORTANTE (mm²)	DIAM.EXTERIOR TOTAL (mm)	MASA TOTAL (kg/m)	MODULO DE ELAST.DEL PORTANTE (kN/mm²)	COEFICIEN. DE DILAT. TERMICA (1/°C)
3x35+16/25	25	20,0	0,481	60,82	21x10-6
3x25+16/25	25	18,5	0,397	60,82	21x10-6
3x16+16/25	25	16,5	0,310	60,82	21x10-6
3x35/25	25	20,0	0,419	60,82	21x10-6
3x25/25	25	18,5	0,336	60,82	21x10-6
3x16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x35+16/25	25	20,0	0,362	60,82	21x10-6
2x25+16/25	25	18,5	0,307	60,82	21x10-6
2x16+16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x16/25	25	16,5	0,187	60,82	21x10-6
1x16/25	25	16,5	0,125	60,82	21x10-6

[74] (RD031-2003-EM 2003)

5.6. Metrado y presupuesto

5.6.1. Metrado y presupuesto del sistema fotovoltaico

Tabla N° 20: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema SOLAR-BIOMASA[75]

Descripción	Costo/unitario (S/.)	Costo (S/.)
24 paneles Waaree de 200 Wp	752,12	18 050,88
16 RITAR de 150 A.h	951,36	22 832,64
02 controlador 150/60	2 444,29	4 888,58
01 inversor MUST SOLAR de 6 kW	9 852,00	9 852,00
Gasómetro-reactor	5 000,00	5 000,00
Filtros y válvulas, bomba de gas	4 000,00	4000,00
Grupo electrógeno	8 000,00	8 000,00
Tuberías y accesorios	3 000,00	3000,00
Total, del Suministro		68 013,22

[75] Fuente: elaboración propia del autor

5.6.2. Presupuesto Total

Tabla N° 21: Presupuesto total

REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA EL PROYECTO: :"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA HIBRIDO DE ENERGIA RENOVABLE SOLAR-BIOMASA PARA SATISFACER LA DEMANDA ELECTRICA DEL CENTRO POBLADO EL AFLUENTE -RIOJA-SAN MARTIN"		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	PRESUPUESTO DE LA RED DE DISTRIBUCION	62 443,65
B	PRESUPUESTO DEL SISTEMA SOLAR-BIOMASA	68 013,22
	TOTAL S/.	130 456,87
C	GASTOS GENERALES	13 045,69
D	UTILIDADES	13 045,69
E	COSTO TOTAL SIN I.G.V. (S/.)	156 548,25
F	I.G.V. (S/.)	28 178,69
G	VALOR REFERENCIAL (S/.)	184 726,94
H	CAPACITACION (S/.)	2 000,00
	PRESUPUESTO TOTAL (S/.)	186 726,94

fuente: Elaborado por el propio Autor

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

a) Se calculo la energía promedio diaria proyectada para las unidades de vivienda y el local comunal haciendo un total de 22,960 kWh. La máxima demanda es de 8,35 kW. Para 42 viviendas proyectadas y 01 local comunal.

b) De los datos recopilados del SENAMHI (Atlas 2003) se ha obtenido un valor de 4,25 kWh/m^2/día, según la NASA se ha obtenido un valor de 3,64 kWh/m^2/día, para los cálculos se ha considerado en el sistema fotovoltaico el método del peor mes.

c) Se dimensiono el sistema con biomasa el cual está compuesto por 01 biodigestor de cúpula fija con un volumen de 35,16 m^3 , 01 grupo electrógeno a biogas y accesorios.

d) Se dimensiono el sistema fotovoltaico el cual tendrá los siguientes equipos: 24 paneles fotovoltaicos de 200 Wp de la marca Waaree, 16 baterías de acumuladores 150 Ah de la marca RITAR, 02 reguladores de carga 150/60 y 01 inversor 48/6000-230 V.

e) Con respecto de la red secundaria el conductor eléctrico a utilizar que cumple con el requerimiento eléctrico y mecánico es 1x16/25, 2x16/25.

f) El sistema solar-biomasa tiene un costo referencial de S/. 186 726,94

BIBLIOGRAFÍA

1) Agustin Castejon, German Santamaria. *instalaciones solares fotovoltaicas.* España, s.f.

2) ASPRILLA MOSQUERA, DEYBI BRAYAN. «“ESTUDIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍA RENOVABLE (SOLAR – GASIFICACIÓN DE BIOMASA) COMO ALTERNATIVA PARA SATISFACER NECESIDADES ENERGÉTICAS EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DEL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ”.» MEDELLIN, 2016.

3) Cabrera peña, Ignacio, y Rigoberto Fermin Montiel. «Celdas fotovoltaicas para energizar un sistema de bombeo de agua.» Mexico, 2003.

4) Chonlon Velicoso, Ronald Edinson. «“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCIR BIOGÁS CON RESIDUOS ORGÁNICOS GANADEROS PARA SATISFACER LA DEMANDA ENERGÉTICA, CASERÍO EL TAMBO, MOTUPE 2016”.» Motupe, 2016.

5) Cuenca Benitez, Wilson Alcivar. «“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO ALTERNATIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL INTERIOR DE UN VEHÍCULO TIPO CASA-RODANTE EN LA RUTA TURÍSTICA SPONDYLUS O RUTA DEL SOL”.» Loja -Ecuador, 2018.

6) Diaz Corcobado, Tomas. *Instalaciones solares fotovoltaicas.* Mexico, 2008.

7) FOTOVOLTAICA, ENERGIA. «manual sobre tecnologias, projecto e instalacao .» s.f.

8) Ixtebe Portabelle, Cilveti. «Proceso de creacion de una planta solar fotovoltaica conectada a red.» Barcelona, 2010.

9) Joachin Barrios, Carmencita De los Angeles. «Diseño de un sistema solar fotovoltaico aisado para el suministro de energia electrica ala comunidad Buena Vista, San Marcos.» Guatemala, 2008.

10) Llauca Chozo, Anthony Joel. «“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL

RESTAURANT EL CRUCEÑITO, UBICADO EN EL KM 901, CARRETERA LAMBAYEQUE – PIURA”.» Lambayeque, 2016.

11) Maldonado Rodas, Eddi Alberth. «Paneles solares como fuente de energía eléctrica para sistemas de mini riego en producción de hortalizas en el departamento de quiché.» 2011.

12) Moran Santamaria, Jorge Maximo. «Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope.» Lambayeque, 2013.

13) Muñoz Anticona, Delfor Flavio. «Aplicacion de la energia solar para electrificacion rural en zonas marginales del pais.» Lima, 2005.

14) ORTIZ NUÑEZ, JORGE PAUL ORTIZ. «“DISEÑO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA DE BIOMASA CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA PUNO, EN EL CERRO DE CANCHARANI - DEPARTAMENTO DE PUNO”.» PUNO, 2017.

15) Perezo Rosales, Mario Fernandez. «PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOGÁS PROCEDENTE DE VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.» Guatemala, 2006.

16) RD031-2003-EM. «Bases para el Diseño de Líneas y redes Secundarias con Conductor Autoportante para Electrificación Rural.» LIOMA, 2003.

17) Salmeron Rodrigues, David Antonio, y Jimmy Aexander Blando Rivas. «“ESTUDIO DE PREINVERSION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE JINOTEPE”.» Managua, 2014.

18) SENAMHI. «Atlas de energia solar del Peru.» 2003.

19) Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP.» Lima, 2014.

20) VALIENTE PIEL, RAFAEL ENRIQUE. «“MODELACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR TÉRMICO - BIOMASA PARA CALEFACCIÓN DOMICILIARIA EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO”.» CHILLAN, 2015.

21) Velazquez Cespedes, Roberto Andres. «Proyecto de instalacion solar fotovoltaica en el departamento de Ingenieria Electrica de la Uniersidad Santiago de Chile.» tesis, Uniersidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile, 2012.

ANEXOS

ANEXO N°01. IRRADIACIÓN SOLAR EN SAN MARTIN

ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO WAAREE DE 200 Wp

ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA RITAR DE 150 A.h

ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR 150/60

ANEXO N°05. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR MUST SOLAR

ANEXO N° 06. SISTEMA SOLAR-BIOMASA

ANEXO N° 07. METRADO Y PRESUPUESTO RS

ANEXO N° 08. RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA (220 V)

ANEXO N° 09. GRUPO ELECTRÓGENO A BIOGAS