



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Diseño de un sistema fotovoltaico para
suministrar con energía eléctrica al caserío
Tolospampa, distrito Incahuasi, Ferreñafe,
Lambayeque”**

Presentado Por:

Ventura León, Wilton Lalo Nicolai

Lambayeque – Perú

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**"Diseño de un sistema fotovoltaico para
suministrar con energía eléctrica al caserío
Tolospampa, distrito Incahuasi, Ferreñafe,
Lambayeque"**

Presentado Por:

Ventura León, Wilton Lalo Nicolai

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: M. Sc. Horna Torres, Segundo Abelardo

SECRETARIO: Dr. Carranza Montenegro, Daniel

MIEMBRO: M. Sc. Tumialan Hinostroza, Juan Antonio

ASESOR: Ing. M.Sc. Villalobos Cabrera, Jony

Lambayeque – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

**“Diseño de un sistema fotovoltaico para
suministrar con energía eléctrica al caserío
Tolospampa, distrito Incahuasi, Ferreñafe,
Lambayeque”**

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

CAPITULO VII: ANEXOS.

AUTOR: Wilton Lalo Nicolai Ventura León

M. Sc. Horna Torres, Segundo Abelardo
Presidente

Dr. Daniel Carranza Montenegro
Secretario

M. Sc. Tumialan Hinostroza, Juan Antonio
Miembro

Ing. M.Sc. Villalobos Cabrera, Jony
Asesor

**Lambayeque – Perú
2019**

DEDICATORIA

A mi padre Felipe.

Por los ejemplos de perseverancia, humildad y constancia que lo caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante en esta carrera y por su amor incondicional.

A mi madre Emma.

A mí querida madre que ha estado en el camino de mi crecimiento como persona y en lo académico y que gracias a su paciencia y su esfuerzo logre terminar esta etapa en mi vida.

A mis hermanos Nalda. Carlos y Jeiner.

En especial a mis hermanos que me apoyaron con sus sugerencias y me sostuvieron en mis buenos y malos momentos.

. Wilton Lalo Nicolai Ventura León

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por darme la vida.

A la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y sus docentes por todos los conocimientos impartidos.

Al ingeniero Jony Villalobos Cabrera, profesor y asesor.

A todos los ingenieros que durante el estudio estuvieron presentes con su conocimiento y apoyo.

A mi entorno que me dio las facultades para pensar en mi futuro y sobre todo gracias a mi familia tías y primas y primos.

.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se concentrará en evaluar la posibilidad de suministrar con energía eléctrica a través del uso de energías renovables: energía solar al Caserío Tolospampa del Distrito de Incahuasi, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque.

El Caserío Tolospampa, está ubicado a una altitud de 2640 msnm y actualmente cuenta con aproximadamente 50 habitantes. Para acceder a dicha zona hay que recorrer una trocha carrozable de 5 km desde el cruce Carretera Ferreñafe Incahuasi, su geografía es accidentada, presente elevaciones y accidentes geográficos, las viviendas se encuentran dispersas además de encontrarse lejos de las redes eléctricas convencionales, lo que hace que la instalación dichas redes eléctricas no sea económicamente viable.

Es por ello que por años éste caserío no ha contado con el Servicio de Energía Eléctrica, lo que ha originado pérdidas en el desarrollo productivo, humano y social de la población.

En ese sentido podemos decir que el Servicio de Energía Eléctrica es un aspecto muy importante para el desarrollo de un País.

Para realizar el estudio, primero se determinó los requerimientos de energía eléctrica y la Máxima Demanda del Caserío Tolospampa, luego se determinó los niveles promedio de radiación solar existentes en la zona.

Luego se procedió a calcular y seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico, para finalmente elaborar el presupuesto y realizar la evaluación económica que involucra la implementación de dicho sistema.

PALABRAS CLAVES: Sistema Fotovoltáico, Suministro de Energía Eléctrica, Recurso Renovable.

ABSTRACT

This research work will focus on evaluating the possibility of supplying with electricity through the use of renewable energy: solar energy to the Caserío Tolospampa of Incahuasi District, Ferreñafe Province, Department of Lambayeque.

The Caserío Tolospampa is located at an altitude of 2640 meters above sea level and currently has approximately 50 inhabitants. To access this area you have to travel a 5 km carpathable trout, its geography is flat, present elevations or geographical accidents of importance, the houses are very dispersed, which makes the installation to the electrical networks is not economically viable.

That is why for years this hamlet has not had the Electric Power Service, which has led to losses in the productive, human and social development of the population.

In that sense we can say that the Electric Power Service is a very important aspect for the development of a country.

To carry out the study, the electrical power requirements and the Maximum Demand of the Tolospampa Caserío were first determined, then the average levels of solar radiation existing in the area were determined.

Then we proceeded to calculate and select the components of the photovoltaic system, to finally prepare the budget and carry out the economic evaluation involving the implementation of said system.

KEY WORDS: Photovoltaic System, Electric Power Supply, Renewable Resource.

INDICE

| | |
|--|----|
| INDICE..... | 9 |
| INTRODUCCION | 11 |
| CAPÍTULO I..... | 12 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 12 |
| 1.1. Realidad Problemática | 12 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 15 |
| 1.3. Delimitación de la investigación | 15 |
| 1.4. Justificación e importancia de la investigación | 16 |
| 1.5. Limitaciones de la investigación | 17 |
| 1.6. Objetivos de la investigación | 17 |
| 1.6.1 Objetivo General..... | 17 |
| 1.6.2 Objetivos Específicos | 17 |
| CAPÍTULO II | 19 |
| MARCO TEÓRICO | 19 |
| 2.1. Antecedentes del Estudio | 19 |
| 2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado..... | 24 |
| CAPITULO III | 37 |
| MARCO METODOLÓGICO | 37 |
| 3.1 Tipo y Diseño de Investigación..... | 37 |
| 3.2 Población y muestra..... | 37 |
| 3.3 Formulación de la hipótesis..... | 37 |
| 3.4 Variables-Operacionalización..... | 38 |
| 3.5 Métodos y técnicas de investigación | 41 |
| 3.6 Descripción de los instrumentos utilizados | 41 |
| 3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos..... | 42 |
| CAPITULO IV..... | 43 |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS | 43 |
| 4.1 Cálculo de la Máxima Demanda y de la Energía Consumida por el caserío Tolospampa | 43 |
| 4.2. Niveles promedio de radiación solar que se registran en la zona..... | 45 |
| 4.3. Cálculo y selección los componentes del sistema fotovoltaico | 45 |

| | |
|---|-----|
| 4.4. Determinación del Costo del kW-h Generado | 64 |
| 4.5 Evaluación Económica de la Central Solar..... | 65 |
| CAPÍTULO VI..... | 67 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 67 |
| 6.1 Conclusiones | 67 |
| 6.2 Recomendaciones | 68 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 70 |
| ANEXO 01 | 73 |
| Resultados de fichas de recolección de datos realizadas a Pobladores del Caserío Tolospampa | 73 |
| ANEXO 02 | 76 |
| Medidor de Energía Solar TM-206 MCA TENMARS | 76 |
| ANEXO 03 | 78 |
| MEDICIONES DE RADIACIÓN SOLAR EN EL CASERÍO TOLOSPAMPA | 78 |
| ANEXO 04 | 80 |
| Estudio de la Máxima Demanda y de la Energía Consumida por pobladores del Caserío Tolospampa..... | 80 |
| ANEXO 05 | 89 |
| Diseño de la Central Fotovoltaica, cálculo y selección de equipos | 89 |
| ANEXO 06 | 101 |
| Costo del kW-h Generado..... | 101 |
| ANEXO 07 | 103 |
| Diseño y cálculo la Red de Baja Tensión | 103 |
| ANEXO 08 | 116 |
| Evaluación Económica de la Central Solar..... | 116 |
| ANEXO 09 | 123 |
| Ubicación del Caserío Tolospampa..... | 123 |
| ANEXO 10 | 124 |
| Planos y Láminas de Detalle | 124 |

INTRODUCCION

Las zonas rurales del Perú tienen un gran problema de energía eléctrica, la mayoría de las zonas rurales de los distritos del Perú se encuentran alejadas de algún punto de energía eléctrica por lo que es complicado contar de energía eléctrica para el aprovechamiento en los hogares rurales, en nuestro caso nuestro estudio de investigación estará centrado en la problemática del distrito de Incahuasi perteneciente al departamento de Lambayeque.

En la actualidad se viene realizando estudios y proyectos relacionados al suministro de energía eléctrica para dichas zonas alejadas del Perú, en nuestro caso el estudio de investigación será relacionado a la producción de energía renovable no convencional denominada Energía Fotovoltaica para la generación de energía eléctrica.

Se utilizara este tipo de energía para aprovechamiento en los hogares rurales alejados de del distrito de Incahuasi.

En este trabajo de investigación se ha plasmado el diseño de central fotovoltaica, que permita generar electricidad para suministrarla al caserío Tolospampa, se espera que sea una propuesta válida para resolver cierta parte del problema que carecen estas zonas rurales del distrito de Incahuasi, del consumo de energía eléctrica.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. Internacional

UNION EUROPEA

A nivel mundial existen un aproximado de 1 500 millones de personas que no cuentan con el Servicio de Energía Eléctrica en sus viviendas, como consecuencia de los altos costos de inversión que involucra la construcción de Redes Eléctricas, debido a la extensión y al bajo consumo de energía eléctrica, por lo que su ejecución se ve relegado a Mediano Plazo. Es en este contexto que los Sistemas Fotovoltaicos Aislados se constituyen en una buena alternativa para suministrar de energía eléctrica a estas viviendas. (CARRANZA, 2012, p.16)

COLOMBIA

En Colombia estudios recientes, demuestran que en los próximos años las necesidades de contar con suministro de energía eléctrica por parte de las viviendas ubicadas en las periferia de las grandes ciudades se va a incrementar, originando la necesidad de producir más energía. Es así que para el año 2030 el abastecimiento de energía eléctrica se vería asegurado esto por la ejecución de 469.805 km de paneles solares, con lo cual este tipo de recurso energético se viene convirtiendo en una solución energética sostenible. (BORQUEZ, 2013, p.16)

MEXICO

En México, al igual que el resto de países en vías de desarrollo, el acceso al Suministro de energía eléctrica a las localidades que se encuentran alejadas de los centros de carga, se ve imposibilitada básicamente por su lejanía a las redes

eléctricas convencionales y por su alto grado de dispersión, es en este contexto que las energías renovables como la energía fotovoltaica, se convierte en una solución. Sin embargo no se puede aprovechar en su totalidad por cuanto aun no son lo bastante eficientes. (LOPEZ, 2012, p.23).

1.1.2. Nacional

En el Perú la producción y el consumo de energía eléctrica han crecido a un ritmo más acelerado que el crecimiento económico, como consecuencia de suplir el aparato productivo.

Entre los años 2008 – 2012, hubo una disminución en el incremento de la generación de energía eléctrica en relación al crecimiento del Producto Bruto Interno, a pesar que en el año 2012 ingresaron a operar dos centrales eléctricas de ciclo combinado.

Esto se debe a que la producción de electricidad con Centrales Térmicas en comparación con las Centrales Hidroeléctricas es cuatro veces de menor precio.

En el caso de las energías no convencionales (Solar y Eólica) los costos de producción de energía eléctrica todavía son elevados. (PAJUELO y otros, 2012, p.24)

El crecimiento demográfico en nuestro país se está dando en forma muy acelerada, especialmente en las zonas urbanas, para el año 2050, se prevé que el número de personas aumentará en 65% aproximadamente, esto conlleva a que se utilicen nuevas formas de energía para poder suministrarles energía eléctrica.

Así mismo este crecimiento demográfico se está dando a nivel de zonas rurales en donde las redes convencionales se encuentran muy alejadas, por lo que es

importante buscar nuevas fuentes de energía eléctrica que permitan abastecer de dichas localidades. Así en nuestro país se está dando impulso a las energías renovables, especialmente a la Energía Fotovoltaica y la Energía Eólica. (PAREJA y SAGAHON, 2013, p.18).

En el Perú, la energía fotovoltaica se ha convertido en una opción como medio para poder suministrar con energía eléctrica a localidades de la zona rural del País, pues las grandes distancias y lo alejado de las redes convencionales hace inviable su interconexión a estas. Desde los años 80 en el Perú se vienen desarrollando proyectos de energía fotovoltaica y el gobierno cada vez más promueve esta forma de energía para la población rural aislada. El problema radica en que aún todavía este tipo de tecnología es cara, y por ende en las zonas rurales resulta muy costoso. (DELTA VOLT SAC, 2013, p.24).

1.1.3. Local

El caserío Tolospampa territorialmente pertenece al distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe y departamento de Lambayeque, ubicado a una altitud de 2640 msnm y actualmente cuenta con aproximadamente 50 habitantes.

Para acceder a dicha zona hay que recorrer una trocha carrozable de 5 km, su geografía es propia de la serranía, presenta elevaciones y accidentes geográficos de importancia, las viviendas no se encuentran muy dispersas, alejadas de las redes eléctricas convencionales, lo que hace que la instalación a las redes eléctricas convencionales no sea económicamente viable.

Es por ello que por años este caserío no ha contado con el Servicio de Energía Eléctrica, lo que ha originado pérdidas en el desarrollo productivo, humano y social de la población.

En ese sentido podemos decir que el Servicio de Energía Eléctrica es un aspecto muy importante para el desarrollo de un País.

Por esta razón en el Caserío Tolospampa, del distrito de Incahuasi investigará el uso de la energía fotovoltaica como medio para producir electricidad y poder suministrarla a las viviendas de este caserío.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo suministrar con energía eléctrica haciendo uso de la energía fotovoltaica a las viviendas del caserío Tolospampa, distrito Incahuasi, Provincia de Ferreñafe y Departamento de Lambayeque, 2019?

1.3. Delimitación de la investigación

La presente investigación tendrá las siguientes delimitaciones:

1.3.1. Delimitación espacial

Nuestro trabajo de suficiencia profesional está ubicado en el caserío Tolospampa, distrito de Incahuasi siendo uno de los veinte distritos de la Provincia de Chiclayo, ubicada en el Departamento de Lambayeque, bajo la administración del Gobierno Regional de Lambayeque, en el norte de Perú.

UTM Zona 17S (WGS84): E 651755.0, N 9232074.0

Altitud: 2650 m.s.n.m.

Norte: con el Distrito de Olmos.

Este: con el Distrito de Saña.

Sur: con el Distrito de Cañaris.

Oeste: con el distrito de Jaén.

1.3.2. Delimitación temporal

El tiempo de limitación del trabajo será entre los meses de setiembre a noviembre del 2019.

1.3.3. Delimitación temática

El punto principal de esta investigación está denotado, en el contexto actual de la necesidad de generar energía eléctrica de manera saludable que no afecte al ambiente, sino más bien se rescate algunos materiales que se producen y que pueden darse un valor reciclado.

En este caso es diseñar un Sistema Fotovoltaico que genere energía eléctrica para uso doméstico, como alternativa para las familias rurales.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

1.4.1. Justificación Técnica

Permitirá estudiar, analizar y aplicar una metodología de cálculo adecuada para la generación de electricidad por medio de la energía solar, adaptados a nuestra realidad en el distrito de Incahuasi, la cual podrá replicarse en otras ciudades del Perú.

1.4.2. Justificación Económica

Este proyecto tendrá resultados positivos en la población pues dejarán de gastar en combustibles caros fósiles, leña, carbón mineral y velas, mejorando los ingresos económicos de las familias del caserío Tolospampa.

1.4.3. Justificación Social

El suministrar de energía eléctrica a esta localidad permitirá que los pobladores mejoren su calidad de vida y tengan mejores condiciones para vivir.

1.4.4. Justificación Ambiental

El uso de energías renovables y limpias contribuye a que en nuestro planeta se disminuya la contaminación ambiental en nuestro planeta

1.5. Limitaciones de la investigación

Como limitación principal, percibí la carencia en la difusión sobre el desarrollo e implementación de esta tecnología renovable en la región Lambayeque. Aunque al alcance tuve informaciones diversas referidas al proyecto, en aplicativos alrededor de diferentes países, habría sido de mucha ayuda que la información teórica a nivel local no haya sido escasa.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de generación fotovoltaica para suministrar energía eléctrica a las viviendas del caserío Tolospampa, distrito Incahuasi, Provincia de Ferreñafe y Departamento de Lambayeque.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Calcular la Máxima Demanda y la Energía Eléctrica que requieren las Viviendas del Caserío Tolospampa.
- Determinar los niveles de radiación solar que se registran en la zona que permitan generar electricidad
- Calcular y seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico.
- Determinar el costo del kW-h generado

- Evaluar la factibilidad económica del uso de la energía solar para suministrar de energía eléctrica al Caserío Tolospampa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Internacional

ESPAÑA

García (2014, p.18) en el proyecto de investigación: “Aplicación de la tecnología fotovoltaica flexible en un grupo de empresas del sector de la automoción”, cuyo objetivo es estudiar el cómo aplicar la tecnología fotovoltaica a un grupo de empresas del sector automoción, como medio para suministrar energía eléctrica en su procesos productivos.

La aplicación de esta tecnología se ha originado debido a que en el mundo se ha empezado una difusión, además con la necesidad de impulsar las energías renovables.

Como conclusión de este trabajo de investigación, se obtuvo que si es factible el emplear la energía fotovoltaica como mecanismo para obtener energía eléctrica para los procesos productivos de las empresas del sector de automoción, en un porcentaje de 30%.

CHILE

Miranda (2016, p.34) en su proyecto de investigación “Diseño de Sistema de Generación Fotovoltaica para Viviendas conectadas a la Red de Distribución, en el contexto de la Ley n° 20.571”, sostiene que La Ley N° 20.571, aprobada en Abril de 2012, permite a los clientes de Empresas Distribuidoras disponer de generadores eléctricos propios, para consumos y/o venta de una parte o el total

de la energía generada a la Distribuidora. Estos sistemas de generación deben emplear Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y la potencia instalada no debe superar los 100 kW. En octubre de 2014 se publicó el Reglamento de dicha Ley, que sentó las bases legales para que los clientes de las Distribuidoras puedan contratar tarifas como "Generadores Residenciales". Así, se podría esperar que un alto porcentaje de los clientes instalen paneles fotovoltaicos (FV) en sus inmuebles, como ha sucedido en otros países.

En este contexto, se analiza en qué condiciones los proyectos FV residenciales son rentables, desarrollando y aplicando metodologías confiables para centrales FV de baja potencia, en viviendas típicas ubicadas en diversas ciudades del país; y en base a los resultados, se entregan las recomendaciones para optimizar económicamente estas soluciones.

Posteriormente, se realizan análisis de sensibilidad respecto al precio de los paneles FV, al precio del kWh comprado por la Distribuidora y al efecto de subsidios estatales y/o rebajas de impuestos en la inversión. La finalidad de estos análisis es determinar en qué escenarios son más rentables los proyectos FV para los clientes de la red de distribución eléctrica.

Los resultados del estudio permiten concluir que el Reglamento no incentiva la instalación de centrales generadoras residenciales por parte de los usuarios de las Distribuidoras, debido a sus elevados costos de inversión y lento retorno; sin embargo, en el escenario de una disminución del precio de los paneles solares, los proyectos mejoran su rentabilidad, en particular en la zona sur, donde se necesitan más paneles. Aún más, si la Distribuidora paga al cliente por la energía inyectada un precio igual al que éste le compra a la Distribuidora, mejora significativamente la rentabilidad, sobre todo en los sectores donde el kWh sea

más costoso. En el caso de subvenciones del gobierno para la inversión, la generación es más rentable en cualquier zona. Por lo anterior, se considera que la Ley y/o el Reglamento deben ser replanteada para lograr un crecimiento en la generación distribuida.

COLOMBIA

Pedroza y Vásquez (2014, p. 35) en la Tesis Titulada: “Diseño de un Sistema Eléctrico Residencial con energía solar, para suministrar energía a la red eléctrica de una vivienda unifamiliar en Yopal-Casanare”, cuyo objetivo es realizar una investigación para implementar un sistema fotovoltaico que permita reducir los costos de consumo de energía eléctrica una vivienda unifamiliar en Yopal-Casanare, asumiendo la aprobación de la ley 96 del 2012.

Como conclusión de esta investigación se obtuvo que si es viable la instalación de este Sistema Fotovoltaico, toda vez que del análisis financiero se obtuvo un TIR de 30% y un VAN de 25000 pesos, con lo cual se demuestra que este tipo de tecnologías se están convirtiendo en una solución para aquellas viviendas que se encuentran alejadas de las redes convencionales.

2.1.2. Nacional

Cornejo (2013, p. 45) en la Tesis Titulada: “Sistema Solar Fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura”, cuyo objetivo es brindar los lineamientos para el dimensionamiento, diseño e instalación de un sistema fotovoltaico conectado a red.

Para la selección de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico, se ha tenido en cuenta que cumplan con las normativas establecidas para el correcto

dimensionamiento, por ejemplo para el caso de los módulos fotovoltaicos debe cumplir la norma IEC 61215, así como la norma IEC 61730. Para el caso del inversor la norma a cumplir es la IEC 60529 y para el medidor dispensador de electricidad debe cumplir con la norma EN 50470-1 y EN50470-3.

Muñoz (2105, p. 36) en la Tesis Titulada: “Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país”, cuyo objetivo es una buscar una solución para suministrar energía eléctrica a las zonas marginales del país, que se encuentran alejadas de las redes convencionales, siendo una alternativa el uso de la energía solar.

Como conclusión de este trabajo de investigación el autor indica que como la energía solar es un recurso energético existente en las zonas marginales del país, se puede utilizar para generación de energía eléctrica; además con el avance de la tecnología los costos por panel así como su instalación han disminuido, originando que sean más accesibles a los sectores marginales

2.1.3. Local

Campos y Gonzales (2015, p.15) en la Tesis: “Diseño de una Central Eléctrica por medio de paneles solares en la localidad de El Cardo en el distrito de Olmos, provincia de Lambayeque en el departamento de Lambayeque”, cuyo objetivo es utilizar la nueva tecnología de hoy en día para poder desarrollar un proyecto que contribuya con la reducción de la contaminación ambiental. Viendo tal problemática se desarrolló un diseño de una central eléctrica por medio de paneles solares en la localidad de “El Cardo” en el Distrito de Olmos Provincia y

Departamento de Lambayeque, para poder energizar dicha localidad y contribuir con el desarrollo económico, social y ambiental.

La central solar se diseñó principalmente analizando la máxima demanda y el nivel de radiación solar existente en la zona, seguidamente se realizaron planos de lotización para ver el estado de distribución de las viviendas, luego se seleccionó y dimensionó utilizando los cálculos adecuados para los equipos correspondientes a la central solar las cuales son: Módulos fotovoltaicos, reguladores, baterías, inversores y conductores.

Finalmente como resultados del desarrollo de la tesis se determinó que la central generó 17,41 kW y desde este punto se seleccionaron los equipos adecuados para la central solar, y de tal modo se brindaría un buen servicio eléctrico.

Malca (2014, p.25) en la Tesis: “Diseño de una Mini central Eléctrica por medio de Paneles Solares en el Anexo “La Tranca” en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque”, cuyo objetivo es realizar el Diseño de una Minicentral Eléctrica por medio de Paneles Solares en el Anexo “La Tranca” en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, para dotar con energía eléctrica a dicho Anexo. Como resultado de dicha investigación se concluye que La Radiación Solar de acuerdo a las mediciones realizadas con el piranómetro en el Anexo La Tranca es de 5,3 kW-h/m², permitiendo la construcción de una mini central con 65 paneles de 275 Wp, que se conectaran en paralelo.

Gonzales y Vargas (2015, p.25) en la Tesis: “Diseño de una Central Eléctrica-Fotovoltaica en el Caserío Naranjos, Distrito de Aramango, Provincia Bagua”,

cuyo objetivo es diseñar una Central Fotovoltaica en el Caserío Naranjos está situado en el Distrito de Aramango, Provincia de Bagua, Región Amazonas, el cual está conformado por doce viviendas, dos Iglesias Evangélicas, un Local Comunal y un Centro Educativo Primario N° 16584, con un total de cincuenta y nueve habitantes.

La presente investigación consistió en la aplicación de una de la energía renovable, en este caso Energía Solar, energía que abunda, y que poco se utiliza como fuente de generación en nuestro país.

Para el diseño de la Central Eléctrica Fotovoltaica, se realizó el estudio de la máxima demanda del Caserío Naranjos, donde se obtuvo una máxima demanda de 3650 W, proyecta en un tiempo de veinte años. Se tuvo en cuenta la radiación solar existente en la Provincia de Bagua para de esta manera poder seleccionar los componentes a utilizar, otro punto que se considero fue la inclinación del panel, siendo este el indicado para captar la mayor radiación posible.

Para satisfacer la máxima demanda del Caserío Naranjos se ha calculado un total de catorce paneles de 275 Wp cada uno, conectados en serie.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado

2.1.1. Energía Solar

"El Sol es astro compuesto por gases, de casi 700 mil km de radio, con una gran energía interna" (BELTRAN y otros, 2015, p.23)

El Sol posee una gran fuerza de gravedad y con temperaturas que soportan los 16 millones de grados centígrados y la diferencia de masa se convierte en energía, en atención a lo considerado por Albert Einstein ($E=mc^2$). La temperatura del sol en la parte exterior es alrededor de los 5.780 grados Kelvin. (Sanchez, 2013, p. 42).

“La energía solar es una fuente inagotable de energía, desde el punto de vista de la perspectiva humana,” (Beltrán y otros, 2013, p. 44).

Uno de los inconvenientes que tiene la energía proporcionada por el sol es que no se le puede almacenar directamente, lo cual dificulta su uso. Muy por el contrario, se utiliza la radiación solar para producir electricidad o para procesos térmicos. (Beltrán y Otros, 2013, p. 44).

A continuación, se describen dos características que marcan la diferencia entre la energía solar y la energía proporcionada por las fuentes energéticas convencionales:

Dispersión: “La energía solar se dispersa a lo largo de toda la superficie terrestre, alcanzando una densidad de 1 kW/m^2 , esto origina que se requieran grandes áreas para obtener electricidad” (Sánchez, 2013, p. 44).

Intermitencia: “Esto hace que la energía del sol no es permanente son que tiene fluctuaciones, por ejemplo, la Potencia del Sol = $4 \times 10^{26} \text{ W}$ y Energía del Sol que llega a la Tierra = $5,5 \times 10^{24} \text{ J/año}$ ” (Sanchez, 2013, p. 46).

2.2.2. El Efecto Fotovoltaico

“El efecto fotovoltaico es el efecto de absorción de los fotones por parte del panel solar para luego liberar los electrones dando origen a la corriente eléctrica” (Beltrán, y otros, 2015, p.17).

2.2.3. Los sistemas solares fotovoltaicos aislados

“Los sistemas solares fotovoltaicos aislados, se trata de sistemas que se autoabastecen aprovechando la energía solar para producir electricidad” (Peredas, 2015, p.38).

A. Módulos fotovoltaicos.

“Está compuesta por múltiples de células solares conectadas en serie y/o paralelo, esto dependiendo de los niveles corriente y tensión que se requieren”.

(Sánchez, 2013, p.50)

B. Regulador de carga.

“Es un dispositivo cuya función es controlar las cargas y descargas de la batería”.

(Pareja y Sagahon, 2013, p. 14).

C. Acumulador o batería.

“Es un dispositivo que se encarga de almacenar la energía eléctrica producido por los paneles fotovoltaicos”. (Pareja y Sagahon, 2013 p. 14).

D. Convertidor

“Tiene como función convertir la tensión y características de la intensidad que para los diferentes usos de los artefactos eléctricos” (Pareja y Sagahon, 2013 p. 15).

E. Cables

“Denominado también conductores son los encargado de conducir la corriente eléctrica” (Pareja y Sagahon, 2013 p. 39).

F. Elementos de protección

“Son dispositivos que sirven como mecanismos de protección frente a Sobre corriente y sobre voltajes del sistema, generalmente están constituidos por interruptores termomagnéticos, fusibles”. (Pareja y Sagahon, 2013 p. 40).

2.2.4. Dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos

“Para dimensionar un Sistema Solar Fotovoltaico es necesario conocer los requerimientos de energía por parte de los usuarios” (ORBEGOSO y otros, 2016, p. 34).

“Para el dimensionamiento del Sistema Solar Fotovoltaico se utilizará el balance de energía”. (ORBEGOSO y otros, 2016, p.37).

Energía generada = Energía consumida + Pérdidas propias del sistema FV

A continuación, presentamos las formulas a utilizar en el cálculo de los componentes del Sistema Fotovoltaico:

A. Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos:

Los paneles serán del tipo policristalino, esto se debe a que está comprobado que actualmente son los más económicos.

Cálculo de la Energía a Distribuir en Corriente Alterna ($L_{md, AC}$)

$$L_{md, AC} = \frac{ET_{20}}{R}$$

Donde:

ET_{20} : Energía Diaria a Distribuir en el año 20:

$$R = 1 - [(1 - K_b - K_c - K_v)K_a N/PD] - K_b - K_c - K_v$$

Dónde:

K_b = Pérdida por rendimiento en la batería

K_c = Pérdida en el inversor

K_v = Pérdidas diversas

K_a = Pérdidas por auto descarga

PD= Profundidad de descarga de la batería

N = Número de días de autonomía

Cálculo de la Energía Total a Distribuir (L_{md})

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{con}}$$

Donde:

$L_{md, DC}$: Energía Real a Distribuir en DC

$L_{md, AC}$: Energía Real a Distribuir en AC

η_{inv} : Eficiencia del Inversor

η_{bat} : Eficiencia de la Batería

η_{con} : Eficiencia de la Conducción

Cálculo del Número de Módulos ($N_{mód}$)

$$N_{mód} = \frac{L_{md}}{P_{MP} \cdot HSP_{crit} \cdot PR}$$

Dónde:

L_{md} : Energía Real a Distribuir

P_{MP} : Potencia de cada Módulo

HPS_{CRIT} : Hora Pico Solar Crítica

PR : Eficiencia de cada Panel

Conexión de los paneles solares

Conexión serie

$$N_S = \frac{V_{BAT}}{V_{PANEL}}$$

Dónde:

N_S : Numero de módulos en serie.

V_{BAT} : Tensión nominal del sistema

V_{PANEL} : Tensión nominal de los módulos =

Conexión paralelo

$$N_P = \frac{N_T}{N_S}$$

Dónde:

N_S : Número de módulos en serie.

N_T : Número total de paneles.

El número total de paneles se obtiene de multiplicar el número de paneles en serie por el número de paneles en paralelo.

Número Total de Paneles = $N_S \times N_P$

Selección del Regulador de Carga.

Corriente de entrada al Regulador

$$I_{entrada} = 1,25 \cdot I_{MOD,SC} \cdot N_P$$

$I_{MOD,SC}$ = Corriente del modulo

N_P = Número de Paneles

Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al Regulador: 1,25

$$I_{salida} = \frac{1,25 \cdot (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}}$$

Corriente de salida del Regulador

$$I_{salida} = \frac{1,25 \cdot (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}}$$

η_{inv} = Eficiencia del Inversor

V_{BAT} = Voltaje de la Batería

El número de reguladores necesarios para instalar vendrá dado por la siguiente expresión:

$$N_{reguladores} = I_{Re} / I_{MAX,e}$$

Dónde:

$I_{max,e}$ = Intensidad máxima de entrada del regulador

Cálculo del Sistema de Acumulación

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (C_{nd}):

C_n : Capacidad nominal del banco de baterías. (Ah)
 L_{md} : Energía media diario
 N : Periodo de autonomía (días)
 V_{bat} : Voltaje de la batería: 12 V
 $PD_{max,e}$: Profundidad de Descarga Máxima Estacional :
 PD_{max} : Profundidad de Descarga Máxima :

Consumo de energía medio en Ah/día:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

$$C_{NBAT} = \frac{Q_{Ah}}{PD_{MAX,d}}$$

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional
(C_{ne}):

$$C_{BATERIA} = \frac{Q_{AH} \cdot n}{PD_{MÁX}}$$

$$CANTIDAD DE BATERIAS = \frac{Cn}{Ah}$$

Selección del inversor

La potencia del inversor debe ser mayor a 1,2 veces de la potencia instalada de los paneles solares que demanda la localidad en el año 20.

$$P_{inv} = 1,2 * POT_{max}$$

Cálculo y selección de conductores eléctricos

Sección del cable conductor en mm^2

Caída de Tensión: nos permite calcular la cantidad de tensión se pierde en diferentes longitudes, según las normas del IDEA es de 1,15%.

$$S = 2 * \frac{L * I}{\Delta V * K}$$

Dónde:

$I = N_{panel} * I_{sc}$: Corriente que pasa por el conductor.

$\Delta V = \Delta V\% \times V_{MP}$: Caída de tensión en conductor.

K : Conductividad 56 m/ Ohm.mm²

2.2.5. Suministro de Energía eléctrica

La energía eléctrica es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones positivos y negativos) que se produce en el interior de materiales conductores (por ejemplo, cables metálicos como el cobre). El origen de la energía eléctrica está en las centrales de generación, determinadas por la fuente de energía que se utilice. Así, la energía eléctrica puede obtenerse de centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, nucleares y mediante la biomasa o quema de compuesto de la naturaleza como combustible. (ORBEGOSO y otros, 2016, p. 44).

2.2.6. Elaboración de proyección de consumo de energía eléctrica en base a la tasa de crecimiento anual.

Se realiza en base al control estadístico de los concesionarios.

$$Ei = Ei-1 * (1 + t) \quad (5)$$

Donde:

Ei = proyección del consumo de energía para el año 1

$Ei-1$ = consumo de energía del año $(i - 1)$

t = tasa de crecimiento anual

Elaboración de la proyección de máxima demanda en base a la proyección del factor de carga anual.

$$MDi = Ei / Fci * 8760 \quad (6)$$

Ei = proyección del consumo de energía para el año i

MDi = Proyección de la máxima demanda al año i

$Fci = \text{Proyección del consumo de energía al año } i$

$Fci = \text{Proyección del factor de carga al año } i$

Proyección de la máxima demanda

Se desarrolla mediante la siguiente ecuación.

$$MD = ED / (FC * 8760) \quad (7)$$

$MD = \text{Máxima Demanda}$

$ED = \text{Energía Distribuida}$

$FC = \text{Factor de Carga}$

Para los fines de proyección se realizará el cálculo de factor de carga histórico con la información disponible, teniendo en cuenta el crecimiento de máxima demanda en los sectores de consumo.

- **Máxima Demanda**

Mayor carga que utiliza una instalación en un tiempo determinado.

$$MD = N^{\circ} \text{ de viviendas} * P * Fs \quad (8)$$

Donde:

MD: Máxima demanda (Watts)

P: Potencia de cada vivienda. (Watts)

Fs: Factor de simultaneidad (el proyectista considera el funcionamiento simultáneo de los equipos).

Calculo de consumo de energía. Se obtiene del producto de la potencia (W) de cada una de los artefactos eléctricos instalados por el número de horas de su

utilización (h/día). Con la potencia máxima diaria y la tensión del banco de baterías, se logra obtener el valor de corriente máxima de la instalación. Al cálculo del consumo hay que darle un margen de seguridad de (10%,15% o 25%), el cual será determinado por el diseñador. En la ecuación tomamos el 20%, hay que tener en cuenta que es un 20%, por lo que hay que dividir el 20 por 100 (Pareja, 2010,"Vivienda uso permanente", párr. 4).

Energía requerida por el sistema. (E)

La radiación incidente sobre el módulo fotovoltaico no se convierte al 100% en energía eléctrica), existen pérdidas en las células fotovoltaicas debido a sus componentes por ende la energía solar captada debe ser mayor a la energía a consumir

Se detallan los rendimientos promedio en los componentes del sistema fotovoltaico como:

η_b . Eficiencia en las baterías = 0,85

η_c . Eficiencia en los cables =0,98

η_r . Eficiencia en el regulador = 0,95

η_{inv} . Eficiencia en el inversor = 0,9.

2.2.7. Métodos de Evaluación Económica

Existen muchos métodos para la evaluación de proyectos, aunque los más difundidos en la actualidad, y los más confiables, son aquellos que toman en consideración el valor del dinero en el tiempo al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del proyecto.

A. Valor Actual Neto (VAN)

El valor Actual Neto (VAN) llamado también Valor Presente Neto, es una técnica que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{C_i}}{(1+D)^i}$$

Donde:

K_0 : Inversión o capital inicial.

F_{C_i} : Flujo de caja en el año i .

D : Tasa de Descuento.

n : número de periodos.

Si el resultado de la evaluación:

$VAN > 0$; el proyecto es aceptado

$VAN < 0$; el proyecto es rechazado

B. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es aquella tasa de descuento para a cual el Valor Actual Neto resulte ser igual a cero, es decir, es aquella tasa de retorno donde los costos igualan a los beneficios y por lo tanto representa el tipo de interés o rendimiento que los beneficios que se van obteniendo de haber realizado la inversión del proyecto, solamente cubren dicha inversión y por lo tanto no se obtiene ninguna utilidad.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i}$$

Como se puede observar, esta ecuación no se puede resolver directamente, sino que se requiere de un análisis iterativo para obtener el valor de la TIR. En nuestro caso se utilizará el paquete informático Excel.

El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

$TIR > i$, realizar el proyecto

$TIR < i$, no realizar el proyecto

$TIR = i$, el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

El diseño para el presente estudio está clasificado de la siguiente manera: No-Experimental, Prospectivo-Transversal

- **No-Experimental**, porque no se manipulan deliberadamente variables, se observa fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlos.
- **Prospectivo**, porque intenta predecir un posible escenario futuro.
- **Transversal**, porque se limita a la toma de datos en un único momento de tiempo

3.2 Población y muestra

La muestra para el trabajo de investigación es igual a la población, viene dada por las viviendas ubicadas en el caserío Tolospampa del distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque.

3.3 Formulación de la hipótesis

El Diseño de un Sistema de Generación Fotovoltaica nos permite suministrar con energía eléctrica a las viviendas del caserío Tolospampa del distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque.

3.4 Variables-Operacionalización

Para probar el estudio de investigación se determinaron dos variables para la Operacionalización:

Variable dependiente: Suministro energía eléctrica.

Variable independiente: Sistema Fotovoltaico.

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | INSTRUMENTO | ESCALA DE MEDICIÓN |
|--|--|---|-----------------------|--|----------------------|--------------------|
| Variable Dependiente: Suministro energía eléctrica | El sistema de suministro de energía eléctrica está formado por el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección. (Peredas, 2015, p.12) | Se calcula tomando como base los principales parámetros | Parámetros Eléctricos | <ul style="list-style-type: none"> • Potencia eléctrica • Potencia eléctrica generada por el sistema fotovoltaico • Energía Eléctrica • Número de viviendas a instalar | Ficha de Observación | Razón |

| | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------------|---|----------------------|-------|
| Variable Independiente: Sistema fotovoltaica | Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. (Peredas, 2013 p. 31). | Cantidad de energía Fotovoltaica que se convierte en energía eléctrica medida en kW-h que se utiliza de manera eficiente u optima a costos y gastos mínimos. | Parámetros del Funcionamiento | <ul style="list-style-type: none"> • Potencia Pico • Tension • Corriente | Ficha de Observación | Razón |
|--|--|--|-------------------------------|---|----------------------|-------|

Fuente: Elaboración propia

3.5 Métodos y técnicas de investigación

3.5.1 Método de investigación

- Guías de observación: mediante guías de observación se analizó el trabajo de investigación a realizar.
- Recolección de documentos: fue muy necesario realizar una recolección de documentación referente al trabajo de investigación.
- Análisis de documentos: se analizaron los diferentes documentos más relevantes.
- Selección de documentos: documentos con los cuales se realizó el trabajo incluyendo normas así como método teóricos y prácticos

3.5.2 Técnicas de investigación

Las técnicas a ser utilizadas están en función a las etapas del proceso de desarrollo del proyecto.

Técnica de recolección de datos: están orientadas a obtener información sobre los habitantes del caserío de Tolospampa.

3.6 Descripción de los instrumentos utilizados

En nuestro trabajo de investigación se utilizó:

- Ficha de Recolección de Datos: sirvió para obtener información sobre los habitantes del caserío de Tolospampa. (Ver Anexo 1).

3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos

Los datos obtenidos para el desarrollo del presente trabajo son los elementos que se sometieron a estudio, análisis e interpretación. La interpretación de datos es una de las etapas más importantes, porque se proyecta en las conclusiones.

La información que se obtuvo para el desarrollo del presente proyecto se presenta en forma de tablas y gráfico de barras, utilizando el MS Excel 2010, gracias a ello se ha podido determinar y dar posibles respuestas al problema planteado.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Cálculo de la Máxima Demanda y de la Energía Consumida por el caserío

Tolospampa

Para calcular la Máxima Demanda y la Energía Consumida por el caserío Tolospampa se ha tomado en cuenta el consumo unitario de una vivienda:

Tabla 1
Consumo Unitario de una Vivienda de Tolospampa

| Descripción | Unid. | Potencia (W) | Potencia Total (W) | Uso diario (h) | Energía (Wh-día) | Energía (kWh-mes) |
|----------------------|-------|--------------|--------------------|----------------|------------------|-------------------|
| Televisor | 1 | 50 | 50 | 1 | 50 | 1,50 |
| Radio | 1 | 30 | 30 | 2 | 60 | 1,80 |
| Iluminación Interior | 4 | 15 | 60 | 4 | 240 | 7,20 |
| Cargador de celular | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,05 |
| Equipo de Computo | 1 | 90 | 90 | 1 | 90 | 2,70 |
| Total | | | 231 | 9,5 | 441,5 | 13,25 |

| CARGAS ABONADOS DOMESTICOS | | |
|----------------------------|---------------|----------|
| ENERGIA | 13,245 | kW-h/mes |
| MAX. DEMANDA | 0,231 | kW |

Fuente: Elaboración Propia

Cómo podemos darnos cuenta la Máxima Demanda por cada vivienda es de 231 W/lote, valor que se acerca más a la realidad que los 200 W/lote propuesto por el Código Nacional Eléctrico Suministro.

Luego siguiendo la metodología aplicada por el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones - INVIERTE del Ministerio de Economía y

Finanzas, a la fecha ha sufrido una reestructuración la metodología sigue vigente, por lo que, llegamos a los siguientes resultados

Tabla 2
Energía y Máxima Demanda requerida en 20 años

| AÑO | CONSUMO TOTAL Doméstico (kWh-año) | CONSUMO TOTAL Alumbrado Público (kWh-año) | CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (kWh-año) | ENERGÍA TOTAL REQUERIDA (kWh-año) | MÁXIMA DEMANDA (kW) |
|------|--|---|---|--|---------------------------|
| 2020 | 1605 | 760 | 2365 | 2543,13 | 1,45 |
| 2021 | 1621 | 764 | 2385 | 2564,52 | 1,46 |
| 2022 | 1638 | 767 | 2405 | 2586,11 | 1,48 |
| 2023 | 1654 | 771 | 2425 | 2607,89 | 1,49 |
| 2024 | 1671 | 775 | 2446 | 2629,86 | 1,50 |
| 2025 | 1687 | 779 | 2466 | 2652,04 | 1,51 |
| 2026 | 1704 | 783 | 2487 | 2674,42 | 1,53 |
| 2027 | 1721 | 787 | 2508 | 2697,00 | 1,54 |
| 2028 | 1739 | 791 | 2529 | 2719,78 | 1,55 |
| 2029 | 1756 | 795 | 2551 | 2742,78 | 1,57 |
| 2030 | 1774 | 799 | 2572 | 2765,98 | 1,58 |
| 2031 | 1792 | 803 | 2594 | 2789,39 | 1,59 |
| 2032 | 1809 | 807 | 2616 | 2813,02 | 1,61 |
| 2033 | 1828 | 811 | 2638 | 2836,86 | 1,62 |
| 2034 | 1846 | 815 | 2661 | 2860,92 | 1,63 |
| 2035 | 1864 | 819 | 2683 | 2885,20 | 1,65 |
| 2036 | 1883 | 823 | 2706 | 2909,70 | 1,66 |
| 2037 | 1902 | 827 | 2729 | 2934,42 | 1,67 |
| 2038 | 1921 | 831 | 2752 | 2959,37 | 1,69 |
| 2039 | 1940 | 835 | 2776 | 2984,55 | 1,70 |

Fuente: Elaboración propia

De donde podemos concluir que el año 20 (2039) el Consumo Anual de Energía Eléctrica será de 2984,55 kW-h/año y el Consumo Diario de Energía Eléctrica será **de 8,18 kW-h/día** y la Máxima Demanda en el mismo año será de **1,70 kW**.

El detalle de los cálculos lo podemos apreciar en el Anexo 3.

4.2. Niveles promedio de radiación solar que se registran en la zona

Para los cálculos se tomó la radiación del mes más bajo, que se logró tener con Medidor de Energía Solar TM-206 MCA TENMARS, que fue del mes de Junio 4,47 kW-h / m² / día.

Tabla 3
Radiación Solar de Tolospampa

| RADIACION SOLAR TOLOSPAMPA | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|
| Promedio mensual normal de la radiación directa (KWh/m ² /día) | | | | | | | | | | | | | |
| Latitud -6.537 Longitud -79.126 Promedio de 22 años | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual Media |
| | 5.7 | 5.55 | 5.84 | 5.38 | 4.89 | 4.47 | 4.48 | 4.91 | 5.59 | 5.58 | 5.86 | 5.35 | 5.35 |

Fuente: Elaboración Propia

Estos datos se corroboraron con los tomados por el Medidor de Energía Solar TM-206 MCA TENMARS, cuyos datos presentamos en el Anexo 2 y los datos los apreciamos en el Anexo 3.

4.3. Cálculo y selección los componentes del sistema fotovoltaico

A. Orientación del Generador Fotovoltaico

El valor de la inclinación de los paneles solares sería la obtenida de sumarle a la latitud 10°, considerando que la ubicación de la Central Solar estará en la siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 6° 21' 52,39" y Longitud: 79°45' 11,49", entonces la inclinación final podrá situarse entre la latitud del lugar 6° y la latitud máxima más 10°, es decir 16°. Finalmente y por facilidad constructiva de la estructura que portará los módulos, se elegirá la inclinación de 15°.

Ubicación de la Micro central de paneles solares.

Se determinó la ubicación del Sistema de Energía, teniendo en cuenta que las distancias no tendrían que ser muy lejana al caserío, para evitar caída de tensión, además se tomó en cuenta el estado del terreno donde estará instalada.

Equipos electromecánicos

Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos

Los paneles serán del tipo policristalino, esto se debe a que está comprobado que actualmente son los más económicos.

Cálculo de la Energía a Distribuir en Corriente Alterna ($L_{md, AC}$)

$$L_{md, AC} = \frac{ET_{20}}{R}$$

Donde:

ET_{20} : Energía Diaria a Distribuir en el año 20: 10,90 kW-h/día

$$R = 1 - [(1 - K_b - K_c - K_v)K_a N/PD] - K_b - K_c - K_v$$

Dónde:

K_b = Pérdida por rendimiento en la batería: 0,05

K_c = Pérdida en el inversor: 0,05

K_v = Pérdidas diversas: 0,05

K_a = Pérdidas por auto descarga: 0,005

PD = Profundidad de descarga de la batería: 0,8

N = Número de días de autonomía: 4

$R = 0,829$

$$L_{md, AC} = 8,18 \text{ kW-h/día}$$

Cálculo de la Energía Total a Distribuir (L_{md})

$$L_{md} = \frac{L_{md, DC} + \frac{L_{md, AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{con}}$$

Donde:

$L_{md, DC}$: Energía Real a Distribuir en DC: 0

$L_{md, AC}$: Energía Real a Distribuir en AC: 8,18 kW-h/día

η_{inv} : Eficiencia del Inversor: 0,90

η_{bat} : Eficiencia de la Batería: 0,90

η_{con} : Eficiencia de la Conducción: 0,90

L_{md} = 13,54 kW-h/día

Cálculo del Número de Módulos ($N_{mód}$)

$$N_{mód} = \frac{L_{md}}{P_{MP} \cdot HSP_{crit} \cdot PR}$$

Dónde:

L_{md} : Energía Real a Distribuir: 13,54 kW-h/día

P_{MP} : Potencia de cada Módulo: 300 Wp

HPS_{CRIT} : Hora Pico Solar Crítica: 4

PR : Eficiencia de cada Panel: 0,9

$$N_{ptotal} = 11,214 \approx 12$$

Tabla 4
Especificaciones Técnicas del Panel Solar

| ELECTRICAL DATA | | | | | | |
|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| MODULE | | FU 295 P | FU 300 P | FU 305 P | FU 310 P | FU315 P |
| Standard Test Conditions STC: 1000W/sqm - AM 1.5 - 25°C - measuring tolerance <3% | | | | | | |
| Module power (Pmax) | W | 295 | 300 | 305 | 310 | 315 |
| Module efficiency | % | 15.23 | 15.48 | 15.74 | 16 | 16.26 |
| Maximun power voltage (Vmpp) | V | 36.9 | 32.1 | 37.4 | 37.6 | 37.9 |
| Maximun power current (Impp) | A | 8 | 8.11 | 8.21 | 8.31 | 8.4 |
| Open circuit voltage (Voc) | V | 44.9 | 45.1 | 45.3 | 45.5 | 45.7 |
| Short circuit current (Isc) | A | 8.4 | 8.48 | 8.56 | 8.63 | 8.7 |
| Maximun system voltage | V | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Nominal Operating Cell Temperature NOCT: 800 W/sqm - T=45°C - AM 1.5 | | | | | | |
| Module power (Pmax) | W | 208 | 212 | 216 | 219 | 224 |
| Maximun power voltage (Vmpp) | A | 33.1 | 33.3 | 33.5 | 33.7 | 33.9 |
| Maximun power current (Impp) | V | 6.3 | 6.38 | 6.46 | 6.53 | 6.6 |
| Open circuit voltage (Voc) | A | 40.6 | 40.8 | 41 | 41.2 | 41.4 |
| Short circuit current (Isc) | V | 6.73 | 6.79 | 6.85 | 6.91 | 6.95 |

| MECHANICAL SPECIFICATIONS | |
|----------------------------------|---|
| Dimensions | 1957x990x40 mm |
| weight | 25 Kg |
| Glass | Tempered, transparent, 3.2 mm |
| Cell Encapsulation | Eva (Ethylene Vinyl Acetate |
| Cells | 72 three bus-bar polycrystalline cells 156x156 mm |
| Backsheet | Composite multilayer film |
| Frame | Anodized aluminium frame with mounting and drainage holes |
| Junction box | Dimensions: 130 x 150 x 26 mm, IP 65 approves |
| Cables | Solar cable, length 900 mm (1500 mm upon request) assembled with MC4-combinable plugs |

Fuente: Futura Sun

Elaborado: Elaboración propia

Conexión de los paneles solares

Conexión serie

$$N_S = \frac{V_{BAT}}{V_{PANEL}}$$

$$N_S = \frac{12}{37.1} = 0,32 \approx 1$$

Dónde:

N_S : Numero de módulos en serie.

V_{BAT} : Tensión nominal del sistema=12

V_{PANEL} : Tensión nominal de los módulos = 37,1 V

Conexión paralelo

$$N_P = \frac{N_T}{N_S}$$

$$N_P = \frac{12}{1} = 12$$

Dónde:

N_S : Número de módulos en serie.

N_T : Número total de paneles.

Selección del Regulador de Carga.

Cálculo del Regulador/Controlador de carga

Corriente de entrada al Regulador

$$I_{entrada} = 1,25 \cdot I_{MOD,SC} \cdot N_P$$

$$I_{MOD,SC} = 8,48 \text{ A}$$

$$N_p = 12$$

$$I_{\text{entrada}} = 127 \text{ A}$$

Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al Regulador: 1,25

Corriente de salida del Regulador

$$I_{\text{salida}} = \frac{1,25 \cdot (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}}$$

$$\eta_{inv} = 0,9$$

$$I_{\text{salida}} = 197 \text{ A}$$

El número de reguladores necesarios para instalar vendrá dado por la siguiente expresión:

$$N_{\text{reguladores}} = I_{Re} / I_{MAX,e}$$

Dónde:

$I_{max,e}$ = Intensidad máxima de entrada del regulador: 70 A

$$N_{\text{reguladores}} = 2$$

La instalación podrá ser dividida en 2 grupos; 2 ramales de 6 Paneles Fotovoltaicos cada uno, alimentando cada grupo a un regulador distinto, y conectando después todas las salidas al mismo acumulador solar o baterías, según el siguiente esquema de configuración prevista:

Tabla 5
Especificaciones técnicas de Regulador

| ESPECIFICACIONES | | |
|---|--|--|
| MODELOS | MPPT - 50C | MPPT 80C |
| Corriente de salida máxima (Continua hasta 50°C de temperatura ambiente) | 50A | 80A |
| Tensión de baterías | 12, 24, 36, 48 VCC Normal | |
| Corriente de entrada de FV máx | 40A | 70A |
| Rango de tensión de entrada | 16 - 12 VCC operando 140 VCC máx. Tensión de circuito abierto | |
| Potencia máx. del campo Fv | 3250 W (máx. al igualar una batería 48 V a 64 V en 50 A) | 5200 W (máx. al igualar una batería 48 V a 64 V en 80 A) |
| Modos de regulación de carga | Carga plena o Bulk, Absorción, flotación, Ecualización manual/ automática | |
| Compensación de temperatura de batería BTS | 5 mV por °C, por celda de 2 V | |
| Capacidad de conversión de CC a CC | Batería de 12V: 16 - 112 VCC batería de 24V: 32 - 112 VCC batería de 36V: 36 - 112 VCC batería de 48V: 48 - 112 VCC | |
| Estado | Pantalla LCD muestra tensión de entrada y corriente, tensión de salida y corriente, modo de carga, estado de carga de la batería SOC | |
| Registro de datos | Registra la energía conectada en 90 días, pantalla LCD WH, KWH, AH | |
| Monitorización de energía | Pantalla LCD muestra el estado de la carga, Ahm WH y corriente de descarga. Es preciso usar un shunt de 50mV/500A | |
| Relés auxiliares | Tres relés independientes de contacto A (SPST) para control de equipos externos | |
| Temperatura de operación | Potencia completa de salida hasta +50°C ambiente | |
| Potencia de reposo | <2W | |
| Dimensiones (AxBxC) mm | 267,7 x 196 x 147 | 414,8 x 225 x 147 |
| Peso (Kg.) | 4,3 | 7,1 |

Fuente: Futura Sun

Elaborado: Elaboración propia

Cálculo del Sistema de Acumulación

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (C_{nd})

| | | | |
|---------|---|-----|------|
| Cn | : Capacidad nominal del banco de baterías. (Ah) | | |
| Lmd | : Energía media diario | | |
| N | : Periodo de autonomía (días) | | |
| Vbat | : Voltaje de la batería: 12 V | | |
| PDmax,e | : Profundidad de Descarga Máxima Estacional : | 78% | 0,78 |
| PDmax | : Profundidad de Descarga Máxima : | 25% | 0,25 |

Consumo de energía medio en Ah/día:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

$$Q_{Ah} = 13534,27 / 12 = 1\,128 \text{ Ah}$$

Reemplazando:

$$C_{NBAT} = \frac{Q_{Ah}}{PD_{MÁX,d}}$$

$$C_{NBAT} = 4\,511 \text{ Ah}$$

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional

(C_{ne}):

$$C_{NBAT} = \frac{Q_{Ah} \cdot n}{PD_{MÁX,e}}$$

$$C_{NBAT} = 5\,784 \text{ Ah}$$

Se ha seleccionado Batería solar de 12 V 260 Ah

| | (Ah) | (V) |
|----------------|------------|-----------|
| BATERIA | 260 | 12 |

$$CANTIDAD DE BATERIAS = \frac{Cn}{Ah}$$

C_{BATERIAS} = 22

Especificaciones de la Batería seleccionada:

Batería 12V 260Ah Formula Star

Tabla 6

Especificaciones de la Batería

| FICHA TECNICA | |
|------------------------------|-------------------------|
| Modelo | FS260 |
| Voltios | 12 |
| Amperios (Ah) | 260 |
| Tipo | Monoblock |
| Aplicaciones | Fotovoltaicas |
| Referencia | FS260 |
| Peso (Kg.) | 70 |
| Amperios en 100 horas | 260 |
| Mantenimiento | Sin mantenimiento |
| Tecnología | Ca/Ca Sin mantenimiento |
| Largo (mm) | 518 |
| Ancho (mm) | 276 |
| Alto (mm) | 242 |
| Media (mm) | 518x276x242 |
| Garantía (Meses) | 12 |

Fuente: Formula Star

Elaborado: Elaboración propia

Selección del Inversor

La potencia del inversor debe ser mayor a 1,2 veces de la potencia instalada de los paneles solares que demanda la localidad en el año 20.

$$P_{inv} = 1,2 * POT_{max}$$

$$P_{inv} = 2\,044\text{ W}$$

En ese sentido utilizaremos un (01) inversores de 2 500 W.

Tabla 7
Especificaciones del Inversor seleccionado.

| Technical data and types | | | | | |
|--|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Type code | PVS300-TL-3300W-2 | PVS300-TL-4000W-2 | PVS300-TL-4600W-2 | PVS300-TL-6000W-2 | PVS300-TL-8000W-2 |
| | 3.3KW | 4.0KW | 4.6KW | 6KW | 8KW |
| Input (DC) | | | | | |
| Nominal PV-power(Ppv) | 3400W | 4100W | 4700W | 6100W | 8100W |
| Maximun PV-power | 3700W | 4500W | 5200W | 6700W | 8900W |
| DC voltage range, mpp (Upc) | 335 O 800 V | | | | |
| Max DC Voltage (Udc,max) | 900V | | | | |
| Nominal DC voltage (Un) | 480 V | | | | |
| Max Dc current (Idc, max) | 10.5 A | 12.7 A | 14.6 A | 19.0 A | 25.4 A |
| Number of DC inputs (parallel) | 4, WITH MC4 quick connectors | | | | |
| Output(AC) | | | | | |
| Nominal AC output power (Pac) | 330 W | 4000 W | 4600 W | 6000 W | 8000 W |
| Nominal AC current (Iac,nom) | 14.3 A | 17.4 A | 20 A | 26.1 A | 34.8 A |
| Nominal voltage (Vac, nom) | 230 V | | | | |
| Operating range, grid voltage | 180 to 276 V | | | | |
| Operating range, grid frecuency (fac) | 47 to 63 Hz | | | | |
| Harmonic distorsion of grid current (K,ac) | < 3% | | | | |
| Power factor (cosfii) | 1 | | | | |
| Grid connection | Single phase I, N and PE | | | | |
| Transfromer | No | | | | |
| Efficiency | | | | | |
| Max efficiency (Pacmax) | 97.10% | | | | |
| Euro-eta | 96% | 96.30% | 96.30% | 96.60% | 96.60% |
| Power consumption | | | | | |
| in standby operation (Pstandby) | < 12W | | | | |
| Night consumption (Pright) | < 1 W | | | | |
| Environmental limits | | | | | |
| Degre of protection | IP55 | | | | |
| Permissible ambient temperature range | 25 C° to 60 C° | | | | |
| Nominal power up to | 50C° | | | | |
| Relative humidity, not condensing | 0 to 100% | | | | |

Max altitude (above sea level)
Acoustic noise level

2000 m
< 45 dBA

Fuente: ABB string inverters.

Elaborado: Elaboración propia

Cálculo y selección de conductores eléctricos

Caída de Tensión: nos permite calcular la cantidad de tensión se pierde en diferentes longitudes, según las normas del IDEA es de 1,15%.

Tabla 8

Distancia entre los componentes del sistema fotovoltaico

| TRAMOS | L(m) |
|-------------------------|------|
| PANEL SOLAR - REGULADOR | 5 |
| REGULADOR - BATERIA | 6 |
| REGULADOR - INVERSOR | 10 |

Fuente: Elaboración Propia

Selección del cable conductor

Sección del cable conductor en mm²

$$S = 2 * \frac{L * I}{\Delta V * K}$$

Dónde:

$I = N_{panel} * I_{sc}$: Corriente que pasa por el conductor.

$\Delta V = \Delta V \% * V_{MP}$: Caída de tensión en conductor.

K : Conductividad 56 m/ Ohm.mm²

Selección del conductor por tramos

Tabla 9
Diámetro del Conductor

| TRAMOS | L(m) |
|----------------------------|-------|
| PANEL SOLAR - REGULADOR | 16.33 |
| REGULADOR - BATERIA | 39.18 |
| REGULADOR - INVERSOR | 10.03 |

Fuente: Elaboración Propia

Selección de la estructura de soporte

Se obtuvo un total de 12 paneles, que serán dispuestos en 2 ramas de 6 paneles por rama, como se detallara posteriormente, para poder optimizar el diseño se seleccionó la estructura K2 – Cross Rail de la marca KRANNICH Solar.

Estructura porta paneles KRANNICH K2



Figura 1: Estructura de los Paneles fotovoltaicos KANNICH K2

Una vez seleccionada la estructura de soporte y modulo fotovoltaico, se procede con el cálculo y selección de los componentes eléctricos del sistema.

Características:

- **Ángulo de montaje óptimo:** Ofrece la posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación. El ajuste estándar es 30° y ofrece un rango óptimo de funcionamiento entre 15° y 35° .
- **Montaje rápido:** la mayoría de componentes se han pre confeccionados dependiendo a la clase de módulo que se eligió.
- **Vida útil prolongada:** Los materiales usados se fabrican de acero inoxidable y aluminio. Y la alta resistencia a la corrosión garantiza su larga vida útil.
- **Precios atractivos:** fabricación óptima que nos da la facilidad de hacer adaptaciones rápidas y económicas
- **Gran compatibilidad de módulos:** se puede usar, prácticamente los diferentes módulos dependiendo de los fabricantes.
- **Durabilidad garantizada:** CONERGY ofrece una garantía de 10 años en cuanto a los componentes de fabricación.

Cálculo para la Red Secundaria

Las redes secundarias, conformadas por las redes de baja tensión monofásicos 440/220 y 220 V, presentan las siguientes características:

Vano promedio: 60 m.

Postes: Madera de 8m.

Conductor: Autoportante de Aluminio, con portante desnudo de aleación de aluminio.

Pastoral: F°G° de 0,50m de avance horizontal.

Luminaria: Reflector de Aluminio, conductor cobre recosido tipo N2XY 2,5mm²

Lámpara: Vapor de sodio de 50 W

Retenida: Cable de acero SM de 10,0 mm², varilla de anclaje de 2,4 m x 16mm, bloque de anclaje de CA 0,4 x 0,4 x 0,2 m.

Puesta a tierra: Tipo PAT-1 aproximadamente cada 150 m, con varilla cobre 2,5 m x 16 mm², conductor bajada cobre recocido de 16 mm², grapas c/10 cm, terreno con tierra negra, estiércol y carbón en donde se requiera según los planos del proyecto.

Acometidas: Cable concéntrico 2 x 4 mm², contador de energía 220V 1 Φ .

Para el dimensionamiento de las secciones de conductor y cálculo de caída de tensión para la red secundaria.

Tabla 10

Secciones de conductor y cálculo de caída de tensión

| FORMACION | RESISTENCIA DEL CONDUCTOR | | RESISTENCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO | | REACTANCIA INDUCTIVA | | FACTOR DE CAIDA DE TENSION | | |
|------------|---------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------------|-------------|------------|
| | A 20°C | A 40°C | A 20°C | A 40°C | XL(30) | XL(10) | K(380-220v) | K(440-220v) | K(220-VAP) |
| 3x35+16/25 | 0.868 | 0.93 | 1.38 | 1.479 | 0.094 | 0.123 | 1.503 | | 3.272 |
| 3x25+16/25 | 1.2 | 1.93 | 1.38 | 1.479 | 0.1 | 0.116 | 2.078 | | 3.272 |
| 3x16+16/25 | 1.91 | 2.05 | 1.38 | 1.479 | 0.11 | 0.11 | 3.308 | | 3.272 |
| 3x35/25 | 0.868 | 0.93 | 1.38 | 1.479 | 0.091 | | 1.503 | | 3.272 |
| 3x25/25 | 1.2 | 1.29 | 1.38 | 1.479 | 0.095 | | 2.078 | | 3.272 |
| 3x16/25 | 1.91 | 2.05 | 1.38 | 1.479 | 0.103 | | 3.308 | | 3.272 |

| | | | | | | | | | |
|------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2x35+16/25 | 0.868 | 0.93 | 1.38 | 1.479 | 0.086 | 0.114 | | 3.78 | 3.272 |
| 2x25+16/25 | 1.2 | 1.29 | 1.38 | 1.479 | 0.093 | 0.109 | | 3.776 | 3.272 |
| 2x16+16/25 | 1.91 | 2.05 | 1.38 | 1.479 | 0.096 | 0.096 | 3.308 | 3.765 | 3.272 |
| 2x16/25 | 1.91 | 2.05 | 1.38 | 1.479 | | 0.096 | | 3.765 | 3.272 |
| 1x16/25 | 1.91 | 2.05 | 1.38 | 1.479 | | 0.94 | | | 3.272 |
| 3x50+16/25 | | | | | | | | 1.4303 | |
| 3x75+16/25 | | | | | | | | 0.9957 | |

Fuente: Elaboración propia

Parámetros eléctricos para selección del conductor

Factor de Caída de Tensión

Para circuitos monofásicos: $K = 2 (r^2 \cos \alpha + X^2 \sin \alpha)$

$$K = 2 (0,930 \cos 0,000021 + 0,114 \sin 0,000021)$$

$$K = 1.86$$

Caída de Tensión:

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3}$$

Dónde:

K = Factor de caída de tensión

I=Corriente Que Recorre el circuito en A

L= Longitud del tramo en m

$$\Delta V = 1.86 \times 162.56 \times 60 \times 10^3$$

$$\Delta V = 9.14 \% = 18 \text{ V}$$

Aérea

Elementos Utilizados en la Red Aérea

Conductores

Los conductores utilizados en redes aéreas secundarias tendrán un esfuerzo mínimo de rotura de 35 kg/mm² en cobre semiduro.

La sección mínima permitida será de 10mm² para el cobre. (*)

(*) Párrafo reemplazado según artículo 7° de la R.M. N° 065-87- EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:

La sección mínima permitida será de 6 mm² para el cobre.

El conductor neutro tendrá como mínimo, la sección que a continuación se especifica.

En distribuciones monofásicas o de corriente continua:

A dos hilos: Igual a la sección del conductor de fase a polo

A tres hilos: para 10mm² de cobre, igual a la sección del conductor de fase o polo.

Para secciones superiores, la mitad de la sección del conductor de fase o polo, con un mínimo de 10mm² para el cobre. (*)

(*) Cláusula reemplazada según artículo 7° de la R.M. N° 065-87- EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:

A tres hilos: hasta 10mm² de cobre, igual a la sección del conductor de fase o polo. Para secciones superiores, la mitad de la sección del conductor de fase o polo, con un mínimo de 10mm² para el cobre.

Postes de Concreto

Características. Los postes de concreto deberán tener el mínimo posible de altura (8% del diámetro como máximo) no deberán ser empotrados en bloques de concreto que determinen la acumulación de humedad alrededor de la base.

Aisladores

Los aisladores podrán ser de porcelana, vidrio u otro material de características mecánicas y eléctricas similares.

Deberán resistir la acción de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión.

El material utilizado para la fijación de los aisladores a sus soportes estará constituido por sustancias que no ataquen a ambos, ni por aquellas que se puedan deteriorar o que sufran variaciones de volumen que puedan afectar a los propios aisladores, o a la seguridad de su fijación.

Retenidas

Las retenidas estarán constituidas por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión. En lo referente a la carga de rotura mínima, ésta será de 1,400 kg.

Las retenidas se utilizarán en los casos en que los esfuerzos actuantes conduzcan a postes de costo muy elevado, o en aquellos que por ampliación de las instalaciones, dé lugar a un aumento de esfuerzos sobre los postes.

Los anclajes de retenidas podrán hacerse al suelo o sobre edificios u otros elementos estructurales, previstos para absorber los esfuerzos que aquellos puedan transmitir. No podrán utilizarse los árboles para el anclaje de retenidas. Las retenidas instaladas en lugares de fácil acceso a las personas, llevarán un aislador de tracción situado a una distancia vertical de 0.30 m del conductor más próximo.

Redes Secundarias en 440-220 V

El valor equivalente de todas las puestas a tierra del conductor neutro, sin incluir las puestas a tierra de la subestación de distribución, ni del usuario, debe tener un valor máximo de 10 Ohm.

Accesorios

Se considerarán bajo esta denominación los elementos utilizados en retenida, anclajes y ferretería normalmente usada para fijación, además de los siguientes:

Portalíneas individuales o de grupo. Serán de una resistencia mecánica adecuada a las cargas involucradas, con dimensiones correspondientes al aislador soportado, y de hierro galvanizado.

Espiga para fijación del aislador tipo carrete. Será de hierro galvanizado, provista con un dispositivo de seguridad que asegure su instalación.

Presupuesto de la Mini Central Fotovoltaica

Tabla 11
Metrado y Presupuesto de la Central Solar

| METRADO Y PRESUPUESTO | | | | |
|--|---|---------------|----------------------|----------------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | P. Unit (S/.) | P.Total (S/.) |
| 1,0 | SUMINISTRO DE MATERIALES | | | 24175,00 |
| 1,1 | Módulo fotovoltaico | 12 | 664,50 | 7974,00 |
| 1,2 | Regulador | 2 | 450,50 | 901,00 |
| 1,3 | Baterías | 22 | 350,00 | 7700,00 |
| 1,4 | Cable de cobre para conexión de elementos de la micro central. | 1 | 100,00 | 100,00 |
| 1,6 | Sistema de Control | 1 | 2000,00 | 2000,00 |
| 1,7 | Convertidor de CC a CA | 1 | 5500,00 | 5500,00 |
| 2,0 | MANO DE OBRA | | | 1450,50 |
| 2,1 | Costo de Montaje e Instalación (6% del Suministro de Materiales) | 1 | 1450,50 | 1450,50 |
| 3,0 | TRANSPORTE | | | 241,75 |
| 3,1 | Costo de Transporte de Materiales (1% del Suministro de Materiales) | 1 | 241,75 | 241,75 |
| COSTO DIRECTO | | | | 25867,25 |
| PRESUPUESTO FINAL DE LA CENTRAL SOLAR (S/.) | | | | 25867,25 |

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto el Presupuesto Total será:

Tabla 12

Total de la Inversión

| TOTAL DE LA INVERSIÓN | (S/.) |
|------------------------------|-----------------|
| Central Fotovoltaica | 25867,25 |
| Suministro de Materiales | 13212,01 |
| Red Secundaria | 1084,17 |
| Montaje Red Secundaria | 1084,17 |
| TOTAL (S/.) | 40163,43 |

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Determinación del Costo del kW-h Generado

El costo del kW-h generado lo determinamos con la siguiente fórmula:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{i + Mt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E}{(1+r)^t}}$$

Donde:

- t = Vida estimada de la instalación
- i = Inversión inicial
- Mt = costes de operación y mantenimiento
- E = Energía generada durante la vida del sistema
- r = Tasa de descuento

Para nuestra investigación tenemos los siguientes valores:

| | | |
|---|----------|------|
| i = Inversión Inicial | 25867,25 | S/. |
| E = Energía durante la vida del sistema (20 años) | 55156,95 | kW-h |
| Mt = Costes de Operación y Mantenimiento | 22601,00 | S/. |
| r = Tasa de Descuento | 0,12 | |

Por lo tanto el costo del kW-h generado será:

| | |
|--------------------------------|---------------|
| LCOE = COSTO S/. / kW-h | 0,8787 |
|--------------------------------|---------------|

En el Anexo 06, presentamos el detalle de los cálculos realizados.

4.5 Evaluación Económica de la Central Solar.

Para aplicar la evaluación económica al Proyecto en mención consideramos:

Tabla 13
Total de la Inversión

| TOTAL DE LA INVERSIÓN | (S/.) |
|---|-----------------|
| Sistema Fotovoltaico | 25867,25 |
| Suministro de Materiales Red Secundaria | 13212,01 |
| Montaje Red Secundaria | 2584,17 |
| TOTAL (S/.) | 40163,43 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14
Total de Costos de Operación y Mantenimiento

| COSTOS DE OPERACIÓN | Periodo | Sueldo x Mant. S/. | Sueldo S/.año |
|--|----------------|-------------------------------|--------------------------|
| Técnico de Mantenimiento | Cada 6 meses | 350.00 | 700.00 |
| Total de costo de Operación y Mantenimiento (s/.) | | | 700.00 |

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1. Análisis considerando ningún subsidio del Estado

| Formulación de datos | |
|-----------------------------|----------|
| n = | 20 |
| Io= | 40163,43 |
| i= | 12% |

Obtenemos los siguientes resultados:

| | |
|------------|-----------|
| VNA | -30586,74 |
| TIR | -4% |

Por lo tanto la ejecución del Proyecto no sería viable.

4.5.2. Análisis considerando subsidio del Estado

Pero ahora realizaremos la evaluación económica considerando que la inversión inicial lo otorga el Estado sin esperar la recuperación, considerando su rol subsidiario, y únicamente consideramos la inversión que se requiere en el año 10 por reposición de baterías y reguladores.

| Formulación de datos | |
|-----------------------------|---------|
| n = | 20 |
| lo= | 8601,00 |
| i= | 12% |

Obtenemos los siguientes resultados:

| | |
|------------|----------------|
| VNA | 3465,64 |
| TIR | 37,06% |

El VNA resulta positivo y el TIR es mayor que el 12% por lo tanto el proyecto es económicamente viable.

En el Anexo 07, presentamos el detalle de los cálculos realizados.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado para el presente proyecto, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La población beneficiada asciende a 10 viviendas con una Máxima Demanda individual de 0,213 kW y un consumo de energía de 13,145 kW-h/mes. Así mismo en el año 01 una Máxima Demanda de 1,45 kW y un consumo de energía de 2543,13 kW-h/año y en el año 20 una Máxima Demanda de 1,70 kW y un consumo de energía de 2984,55 kW-h/año y 8,18 kW-h/día, con el que realizaremos los cálculos de la Minicentral.
- El Nivel Promedio de Radiación Solar en el Caserío Tolospampa es de 5,35 kW-h / m² / día, y el Nivel de Radiación Solar mínimo es de 4,47 kW-h / m² / día, valor con el cual se han realizado los cálculos.
- De acuerdo al estudio realizado de la Máxima Demanda se diseñó una Minicentral Fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica a las 10 viviendas del caserío Tolospampa, conformada por: 12 Paneles Solares con una capacidad de 3 600 Wp, además contará con 02 Reguladores de 70 A cada uno, también con 22 Baterías de 12 V 260 Ah, un inversor de 2,5 kW, el cual convertirá la corriente continua proporcionada por el arreglo de paneles en alterna.

- El Costo de Generación de Energía Eléctrica es de S/. /kW-h 0,8787
- El presupuesto que involucra la construcción de la Minicentral Fotovoltaica es de S/. 25867,25, Redes Secundarias S/. 15796,18 haciendo un total de S/. 40163,43, y se realizó la evaluación en un periodo de 20 años, con una tasa de interés de 12% y se realizó en dos escenarios. En el primer escenario sin considerar el Rol Subsidiario del Estado, obteniendo un VNA S/. --30586,74 y un TIR de -4 %, con lo que se concluye que el proyecto económicamente no es viable. En el segundo escenario se considera el Rol Subsidiario del Estado, obteniendo un S/. 3465,64 y un TIR de 37,17%, con lo que se concluye que el proyecto económicamente es viable.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda:

- El Presente Proyecto a pesar de que económicamente no es viable, debe ser ejecutado por el Ministerio de Energía y Minas, esto como parte del rol subsidiario que tiene el Estado con las personas más necesitada.
- Evaluar la posibilidad de instalar un Sistema Híbrido: Eólico Solar, pues el recurso eólico existente en la zona es bastante.
- Asimismo se puede realizar un estudio para que cada vivienda conste de un Biodigestor, que produzca gas metano, que les permita cocinar sus alimentos y generar electricidad.
- Con la finalidad de reducir consumo de energía eléctrica se recomienda utilizar consumidores LED y hacer una charla a los pobladores para que

tengan conocimiento cómo funciona el sistema y que deben hacer en el caso de lluvias, en días de invierno, para que no tengan problemas con la energía eléctrica, también para alargar la vida útil de los componentes y de esa manera no habrá gastos innecesarios

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

BELTRAN, Cesar y CAHAUNA, Juan. 2015. La Energía Solar y sus aplicaciones en Electrificación. Barcelona, España : CEAC, 2015. ISBN 65-23432-87484-12.

BORQUEZ, Farley. 2013. Análisis de Viabilidad para la implementación de Sistemas de Generación Eléctrica usando Energía Solar para uso Residencial. Colombia : s.n., 2013. ISBN 23-35363-654748.

CAMPOS OBLITAS, Roysser y GONZALES DIAZ, Daniel. 2014. Diseño de una Central Eléctrica por medio de Paneles Solares en la localidad El Cardo en el Distrito de Olmos, Provincia de Lambayeque. Pimentel, Perú : Universidad Señor de Sipán, 2014.

CARRANZA, Roberto. 2012. Suministro de Electricidad en Redes Solares Aisladas y de Respaldo. Barcelona, España : Reverte, 2012. ISBN 34-28733-454323-2.

CORNEJO LALUPU, Hector Armando. 2013. Sistema Solar Fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura. Piura, Perú : Universidad de Piura, 2013.

DELTA VOL SAC, Energía Fotovoltaica en el Perú. 2010. Delta volt sac. [En línea] 2010. <https://www.deltavoltsac.com.pe>. 1.

FEIJOO. 2009. Proyecto de implementación de paneles solares en haciendas alejadas de la fuente de energía convencional caso: hacienda El Vado. 2009.

GARCIA DEL CANTO, Ana. 2014. Aplicación de la tecnología fotovoltaica flexible en un grupo de empresas del sector de la automoción. Ecuador : s.n., 2014. ISBN 27-16272-75353.

GONZALES VEGA, Antero y VARGAS CARRASCO, Bagner. 2015. Diseño de una Central Eléctrica-Fotovoltaica en el Caserío Naranjos, Distrito de Aramango, Provincia Bagua. Pimentel, Lambayeque : Universidad Señor de Sipán, 2015.

HINCHO, Jose. 2014. Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro eléctrico de un centro de esparcimiento ecológico en el distrito de Huamancaca Chico, región Junín. Huancayo : s.n., 2014. 01.

HOM, MANFRED. 2006. El estado actual del uso de la energía solar en el Perú. 2006.

LOPEZ MERAZ, Raul. 2012. Análisis Térmico de las Celdas Fotovoltaicas en un Sistema Interconectado a la Red. México : s.n., 2012. ISBN 23-37636-283737-1.

MALCA ZELADA, Samuel. 2014. Diseño de una Minicentral Eléctrica por medio de Paneles Solares en el Anexo “La Tranca” en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. Pimentel, Perú : Universidad Señor de Sipán, 2014.

MIRANDA ESCOBAR, Millaray. 2016. Diseño De Sistema De Generación Fotovoltaica para viviendas conectadas a la Red de Distribución, en el contexto de la LEY N° 20.571. Chile : Universidad de Chile, 2016.

MUÑOZ ANTICONA, Delfor Flavio. 2015. Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país. Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.

ORBEGOSO, Jorge y SAGAHON, Luis. 2016. La Energía Solar Fotovoltaica. Mexico : Limusa, 2016. ISBN 76373-233949-12.

PAJUELO, Mirella y CASTRO, Jamiel. 2012. Electrificación Rural con Energía Fotovoltaica. Lima, Perú : s.n., 2012. ISBN 67-28736-374674.

PARDINAS. 2005. capítulo III Marco Metodológico. 2005. pág. 115.

PAREJA y SAGAHON. 2010. “tesis energía solar térmica y fotovoltaica aislada para pequeñas comunidades en Perú”. 2010. pág. 80.

PEDROZA ARIAS, Edgar y VASQUEZ LOMBANA, Jonathan. 2014. Diseño de un Sistema Eléctrico Residencial con energía solar, para suministrar energía a la red eléctrica de una vivienda unifamiliar en Yopal-Casanare. Colombia : Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, 2014.

PEREDAS, Jorge. 2015. Diseño de una Sistema Fotovoltaico Autónoma. México : LIMUSA, 2015. ISBN 23453-22-39793-12.

PORTERO, Alberto. 2014. Diseño de una Instalación Fotovoltaica de 200kW. España : ICORPERA, 2014. ISBN 23456-12-23344-13.

ROGMANOLI y MORALES. 2009. Análisis de sensibilidad de indicadores financieros en la evaluación de inversiones en Mi pymes También es conocido como Valor Presente Neto (VPN). 2009. pág. 21.

SANCHEZ, Ricardo. 2013. Energías Renovable. Conceptos y Aplicaciones. Quito, Ecuador : Limusa, 2013. ISBN 35367-23-83838-12.

SIMON, Ruth. 2013. Avanza la investigación en la fabricación de paneles solares fotovoltaicos, llegando a alcanzar un 43% de eficiencia. 2013.

SMA. 2009. Suministro de electricidad en redes solares aisladas y de respaldo. s.l. : Fuente: juwi Solar GmbH, 2009.

SUAREZ, Jorge. 2011. Dirección de Proyectos de la DGER "Energías renovables no convencionales". lima : s.n., 2011.

SUNFIELDS. 2016. Manual de cálculo de instalaciones fotovoltaicas Aisladas Autónomas. s.l. : <https://www.sfe-solar.com/suministros-fotovoltaica-aislada-autonoma/manual-calculo/>, 2016.

TEMBOURY, Carlos. 2016. Matriz Eléctrica Peruana orientada a la Electrificación Rural. Lima, Perú : s.n., 2016. ISBN 89-48757-38873-12.

ANEXOS

ANEXO 01

**Resultados de fichas de recolección de datos realizadas a Pobladores del
Caserío Tolospampa**

| ITEM | APELLIDOS Y NOMBRES | DIRECCIÓN | DNI | FIRMA |
|------|---------------------------------|----------------------------|----------|--------------|
| 1 | Montano Ibarraquez Arturo | Cd. Real #14 | 16572953 | A. Montano I |
| 2 | Gomez Ibarraquez Segundo | Cd. Real N° 14 | 16572972 | Segundo |
| 3 | Zapata Enrique Morila | Cd. Real N° 15 | 16805351 | Montano |
| 4 | Marino Risco Eduardo | Cd. Real N° 18 | 16579502 | |
| 5 | Marino Esquivas Nolasco | Cd. Real # 72 | 16575616 | |
| 6 | Risco Zapata Felipe | Frente al Parque Principal | 16524353 | |
| 7 | Rivadeneira Yarinu Mario Vialdo | Cd. Real # 14 | 16572944 | |
| 8 | Subiron Yarinu Victoria Esther | Cd. Real # 20 | 16572948 | |
| 9 | Marino Esquivas Nolasco | Cd. Real # 23 | 16574867 | |
| 10 | Bautista Silva Fin | Cd. Real # 25 | 16676102 | |

| FAMILIA | RADIO | TV | Focos | REFRIGERADOR | CABLE | CUANTOS INTEGRANTES | ACTIVO ADICIONAL | | | | ORSEMA- CIUDAD |
|---------|-------|----|-------|--------------|-------|------------------------|---------------------|--|--|--|---------------------------------------|
| 1 | 1 | 1 | 10 | 1 | | 3 | | | | | |
| 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | | 2 | | | | | |
| 3 | - | 1 | 3 | 1 | | 3 | | | | | Negocio de comida |
| 4 | 1 | 1 | 5 | 1 | | 4 | 1 Hijo menor | | | | 1 Hijo menor |
| 5 | - | 1 | 1 | - | | 1 | | | | | |
| 6 | | 1 | 6 | 1 | | 1 | | | | | |
| 7 | 1 | 1 | 4 | - | | 5 | | | | | |
| 8 | 1 | 1 | 4 | - | | 5 | | | | | |
| 9 | 1 | 1 | 5 | 1 | | 6 | | | | | Tienda |
| 10 | 1 | 1 | 3 | | | 4 | | | | | Tienda de comida y bebida |
| | | | | | | - | | | | | Tienda |

ANEXO 02

Medidor de Energía Solar TM-206 MCA TENMARS



Especificaciones:

Pantalla: 3 - 1/2 dígitos LCD con lectura máxima 1999

Rango: 1.999 W / m², 634 BTU / (ft.² * h)

Resolución: 0,1 W / m², 0.1 BTU / (m² * h)

Precisión:

Normalmente dentro de $A \pm 10 \text{ W / m}^2$ [$A \pm 3 \text{ BTU / (ft}^2 * \text{h)}$] o $A \pm 5\%$ lo que sea mayor a la luz solar

Temperatura adicional incluida error $A \pm 0,38 \text{ W / m}^2 / \text{A}^\circ \text{C}$ [$A \pm 0,12 \text{ BTU / (ft}^2 * \text{h)}$] / $\text{A}^\circ \text{C}$] de 25 $\text{A}^\circ \text{C}$

Sobrecarga: LCD mostrara "OL"

Tiempo de muestreo: aprox. 0,25 segundos

Con el indicador de batería baja

Batería: 1 x pila de 9V (incluida)

Duración de la batería: aprox. 100 horas

Temperatura de funcionamiento: 5 ~ 40 $\text{A}^\circ \text{C}$ (41 ~ 104 $\text{A}^\circ \text{F}$)

Humedad de funcionamiento: <80% RH

Temperatura de almacenamiento: -10 ~ 60 $\text{A}^\circ \text{C}$ (14 ~ 140 $\text{A}^\circ \text{F}$)

Humedad de almacenamiento: <70% RH

Dimensiones: aprox. 132 (L) x 60 (W) x 38 (H) mm (5.19 x 2.36 x 1.49 pulgadas)

Peso: aprox. 150 g (5,3 oz)

Fabricado con norma ISO9001-2000 Estándares

ANEXO 03

MEDICIONES DE RADIACIÓN SOLAR EN EL CASERÍO TOLOSPAMPA

| | Radiación Solara kW-h/m2 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 02-may | 04-may | 06-may | 08-may | 10-may | 12-may | 14-may | 16-may | 18-may | 20-may | 22-may | 24-may | 26-may | 28-may | 30-may |
| 06:00 | 2,1 | 2 | 2,2 | 2,1 | 2 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2 | 2,2 | 2 |
| 07:00 | 2,4 | 2,3 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,4 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,4 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,6 | 2,3 |
| 08:00 | 3,5 | 3 | 3,3 | 3,5 | 3 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3 | 3,3 | 3 |
| 09:00 | 4,6 | 4,3 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,4 | 4,3 |
| 10:00 | 4,5 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,4 | 4,2 |
| 11:00 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 12:00 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 13:00 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 14:00 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| 15:00 | 4,4 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,4 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,4 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,3 | 4,2 |
| 16:00 | 4,3 | 4,2 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| 17:00 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 3,3 |
| 18:00 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,2 |

| | Radiación Solara kW-h/m2 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 01-jun | 03-jun | 05-jun | 07-jun | 09-jun | 11-jun | 13-jun | 15-jun | 17-jun | 19-jun | 21-jun | 23-jun | 25-jun | 27-jun | 29-jun |
| 06:00 | 2,1 | 1,9 | 2,3 | 2 | 2,2 | 2,3 | 2 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,1 | 2,1 | 2,3 |
| 07:00 | 2,4 | 2,2 | 2,5 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,2 | 2,1 | 2,4 | 2,2 |
| 08:00 | 3,2 | 3,2 | 3,1 | 3,4 | 3,1 | 3,2 | 3,6 | 3,2 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,1 | 3,8 | 3,1 |
| 09:00 | 4,6 | 4,3 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,4 | 4,3 |
| 10:00 | 4,5 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,4 | 4,2 |
| 11:00 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 12:00 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 13:00 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 14:00 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| 15:00 | 4,4 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,4 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,4 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,3 | 4,2 |
| 16:00 | 4,3 | 4,2 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| 17:00 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 3,3 |
| 18:00 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,2 |

| | Radiación Solar kW-h/m2 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 01-jul | 03-jul | 05-jul | 07-jul | 09-jul | 11-jul | 13-jul | 15-jul | 17-jul | 19-jul | 21-jul | 23-jul | 25-jul | 27-jul | 29-jul |
| 06:00 | 1,9 | 1,8 | 2,1 | 2 | 2,3 | 2,3 | 1,9 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,1 |
| 07:00 | 2,2 | 2,1 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,4 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,4 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,6 | 2,3 |
| 08:00 | 3,5 | 3 | 3,3 | 3,5 | 3 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3 | 3,3 | 3 |
| 09:00 | 4,6 | 4,3 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,4 | 4,3 |
| 10:00 | 4,5 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,4 | 4,2 |
| 11:00 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 12:00 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 13:00 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 14:00 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| 15:00 | 4,4 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,4 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,4 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,3 | 4,2 |
| 16:00 | 4,3 | 4,2 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| 17:00 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,5 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 3,3 |
| 18:00 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,2 |

| | Radiación Solar kW-h/m2 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 02-ago | 04-ago | 06-ago | 08-ago | 10-ago | 12-ago | 14-ago | 16-ago | 18-ago | 20-ago | 22-ago | 24-ago | 26-ago | 28-ago | 30-ago |
| 06:00 | 2,1 | 2 | 2,2 | 2,1 | 2 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2 | 2,2 | 2 |
| 07:00 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| 08:00 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| 09:00 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 10:00 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 11:00 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 12:00 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 13:00 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| 14:00 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| 15:00 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| 16:00 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 17:00 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| 18:00 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,9 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 1,9 | 1,8 |

RADIACION SOLAR MENSUALCON SOLARIMETRO

ANEXO 04

Estudio de la Máxima Demanda y de la Energía Consumida por pobladores del Caserío Tolospampa

Parámetros principales para la estimación de la demanda energética.

Abonados Domésticos (A.D.)

Tabla 15
Abonados domésticos

| Caserío | A.D. | Total de habitantes |
|------------|------|---------------------|
| TOLOSPAMPA | 10 | 50 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16
Personas por hogar en el área rural

| Caserío | A.D. | Personas/Hogar | Total de habitantes |
|------------|------|----------------|---------------------|
| TOLOSPAMPA | 10 | 5 | 50 |

Fuente: Elaboración propia

Consumo de energía por Abonado

Tabla 17
Máxima Demanda Total

| Descripción | Unid. | Potencia (W) | Potencia Total (W) | Uso diario (h) | Energía (Wh-día) | Energía (kWh-mes) |
|----------------------|-------|--------------|--------------------|----------------|------------------|-------------------|
| Televisor | 1 | 50 | 50 | 1 | 50 | 1,50 |
| Radio | 1 | 30 | 30 | 2 | 60 | 1,80 |
| Iluminación Interior | 4 | 15 | 60 | 4 | 240 | 7,20 |
| Cargador de celular | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,05 |
| Equipo de Computo | 1 | 90 | 90 | 1 | 90 | 2,70 |

| | | | | |
|--------------|------------|------------|--------------|--------------|
| Total | 231 | 9,5 | 441,5 | 13,25 |
|--------------|------------|------------|--------------|--------------|

MÁXIMA DEMANDA TOTAL

| CARGAS ABONADOS DOMESTICOS | | |
|-----------------------------------|--------|----------|
| ENERGIA | 13,245 | kW-h/mes |
| MAX. DEMANDA | 0,231 | kW |

Fuente: Elaboración propia

Tasa de crecimiento de la población (r%)

Para el caserío de Tolospampa la población se proyectara con la tasa de crecimiento intercensal de 0,50%, según censo del INEI.

Tasa de crecimiento de los consumos de energía por abonado doméstico (I%)

Se obtiene a partir de la información histórica de la empresa concesionaria relacionada con áreas similares al PIP. Se toma un valor de 0,50%

Estimación de la demanda inicial

Tabla 18
Variables para la estimación de la demanda

| Indicador | Valor |
|-------------------------------------|--------------|
| Población a electrificar (encuesta) | 50 |
| Abonado domestico | 10 |
| Abonado comercial | 0 |
| Abonado de P.I. | 0 |
| Abonados de Uso General | 0 |
| Nº de abonados totales | 10 |
| % de abonados domésticos | 100% |
| % de abonados Uso General | 0% |
| Grado de electrificación | 100% |
| Localidad | Tipo V |

| | |
|--|-------|
| Calificación eléctrica (W/lote) | 200 |
| Población Total inicial | 50 |
| Personas por hogar | 4,18 |
| Consumo unitario de energía anual por Abonado Domestico (Kwh/año) | 160,2 |
| Tasa de crecimiento de la población | 0,50% |
| Porcentaje de pérdidas de energía | 7% |
| Tasa de crecimiento de los consumos de energía por abonado domestico | 0,50% |
| KALP | 6,3 |
| Potencia Lámpara | 60 |
| Factor de carga | 20% |

Fuente: Elaboración propia

Consumo de energía por tipo de abonados

Tabla 19

Consumo de energía por tipo de abonado

| LOCALIDAD | CONSUMO DE ENERGIA POR ABONADO DOMÉSTICO |
|------------|--|
| | (kW-h-mes) |
| TOLOSPAMPA | 13,25 |

| Abonado | Consumo Unitario (kW-h-año) | Cantidad Abonados | Total (kW-h-Año) |
|-----------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| Doméstico | 160,2 | 10 | 1602 |

Consumo de Energía por Abonado Doméstico

Consumo Mensual de Alumbrado Público

Tabla 20

Consumo Mensual de Alumbrado Público

| Sector Típico Distribución | KALP h/usuario mes) | (kW- Potencia lámpara sodio (W) | de vapor de | Total Mensual (kW-h/mes) | Total Anual (kW-h/año) |
|----------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|
| SER | 6,3 | 60 | | 63 | 756 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{CMAP} = \text{KALP} \times \text{NTA}$$

$$\text{CMAP} = 6,3 \times 10$$

$$\text{CMAP} = 63 \text{ kW h/mes}$$

Dónde:

PI : Puntos de iluminación

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kW h

KALP: Factor de AP en kW h/usuario-mes

NTA: Número total de abonados

$$\text{PI} = \frac{\text{CMAP} * 1000}{(360 \times \text{PPL})}$$

$$\text{PI} = \frac{63 * 1000}{(360 \times 60)}$$

$$\text{PI} = 3 \approx 3$$

Máxima demanda de Alumbrado publico

$$MD_{\text{Alumbrado}} = \text{PI} \times \text{PLL}$$

Máxima demanda alumbrado público.

$$MD_{\text{Alumbrado}} = 3 \times 60$$

$$MD_{\text{Alumbrado}} = 0,3W$$

Estimación de la Demanda Proyectada dentro de 20 años

La proyección de la población se proyectó incrementando la tasa de crecimiento poblacional a la población inicial.

$$Px = Po (1 + i)^n$$

Donde:

P_x : Población para el año 2039.

P_o : Población para el año de referencia: 10

i : Tasa de crecimiento intercensal: 0,50%

n : Número de años: 20

Se determinó el incremento de la población en una proyección de 20 años.

Tabla 21
Pronóstico de la población

| AÑO | NAD |
|------|-----|
| 2020 | 10 |
| 2021 | 10 |
| 2022 | 10 |
| 2023 | 10 |
| 2024 | 10 |
| 2025 | 10 |
| 2026 | 10 |
| 2027 | 10 |
| 2028 | 10 |
| 2029 | 11 |
| 2030 | 11 |
| 2031 | 11 |
| 2032 | 11 |
| 2033 | 11 |
| 2034 | 11 |
| 2035 | 11 |
| 2036 | 11 |
| 2037 | 11 |
| 2038 | 11 |
| 2039 | 11 |

Fuente: Elaboración propia

Análisis general del Consumo Unitario Doméstico

Tabla 22
Pronóstico de Consumo Unitario Doméstico

| AÑO | CUADinicial (KWh-año) * abonado | CUAD proyectado (KWh-año) * abonado |
|------------|--|--|
| 2020 | 159 | 160 |
| 2021 | 160 | 161 |
| 2022 | 161 | 161 |
| 2023 | 161 | 162 |
| 2024 | 162 | 163 |
| 2025 | 163 | 164 |
| 2026 | 164 | 165 |
| 2027 | 165 | 165 |
| 2028 | 165 | 166 |
| 2029 | 166 | 167 |
| 2030 | 167 | 168 |
| 2031 | 168 | 169 |
| 2032 | 169 | 170 |
| 2033 | 170 | 170 |
| 2034 | 170 | 171 |
| 2035 | 171 | 172 |
| 2036 | 172 | 173 |
| 2037 | 173 | 174 |
| 2038 | 174 | 175 |
| 2039 | 175 | 176 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23
Pronóstico del Consumo Doméstico Total

| AÑO | CUAD_{proyectado} (KWh-año)*abonado | NAD | CONSUMO TOTAL Doméstico (KWh- año) |
|------------|--|------------|---|
| 2020 | 160 | 10 | 1605 |
| 2021 | 161 | 10 | 1621 |
| 2022 | 161 | 10 | 1638 |
| 2023 | 162 | 10 | 1654 |
| 2024 | 163 | 10 | 1671 |
| 2025 | 164 | 10 | 1687 |
| 2026 | 165 | 10 | 1704 |
| 2027 | 165 | 10 | 1721 |
| 2028 | 166 | 10 | 1739 |
| 2029 | 167 | 11 | 1756 |
| 2030 | 168 | 11 | 1774 |

| | | | |
|------|-----|----|------|
| 2031 | 169 | 11 | 1792 |
| 2032 | 170 | 11 | 1809 |
| 2033 | 170 | 11 | 1828 |
| 2034 | 171 | 11 | 1846 |
| 2035 | 172 | 11 | 1864 |
| 2036 | 173 | 11 | 1883 |
| 2037 | 174 | 11 | 1902 |
| 2038 | 175 | 11 | 1921 |
| 2039 | 176 | 11 | 1940 |

Fuente: Elaboración propia

I). Análisis general del Consumo Alumbrado Público

Tabla 24
Análisis general del Consumo Alumbrado Público

| AÑO | KALP (kW-h/usuario mes) | NTA | CMAF (kWh/mes) | CAAP (kWh-año) | PPL (W) | PI |
|------|-------------------------|-----|----------------|----------------|---------|----|
| 2020 | 6,3 | 10 | 63 | 760 | 60 | 3 |
| 2021 | 6,3 | 10 | 64 | 764 | 60 | 3 |
| 2022 | 6,3 | 10 | 64 | 767 | 60 | 3 |
| 2023 | 6,3 | 10 | 64 | 771 | 60 | 3 |
| 2024 | 6,3 | 10 | 65 | 775 | 60 | 3 |
| 2025 | 6,3 | 10 | 65 | 779 | 60 | 3 |
| 2026 | 6,3 | 10 | 65 | 783 | 60 | 3 |
| 2027 | 6,3 | 10 | 66 | 787 | 60 | 3 |
| 2028 | 6,3 | 10 | 66 | 791 | 60 | 3 |
| 2029 | 6,3 | 11 | 66 | 795 | 60 | 3 |
| 2030 | 6,3 | 11 | 67 | 799 | 60 | 3 |
| 2031 | 6,3 | 11 | 67 | 803 | 60 | 3 |
| 2032 | 6,3 | 11 | 67 | 807 | 60 | 3 |
| 2033 | 6,3 | 11 | 68 | 811 | 60 | 3 |
| 2034 | 6,3 | 11 | 68 | 815 | 60 | 3 |
| 2035 | 6,3 | 11 | 68 | 819 | 60 | 3 |
| 2036 | 6,3 | 11 | 69 | 823 | 60 | 3 |
| 2037 | 6,3 | 11 | 69 | 827 | 60 | 3 |
| 2038 | 6,3 | 11 | 69 | 831 | 60 | 3 |
| 2039 | 6,3 | 11 | 70 | 835 | 60 | 3 |

PPL: Potencia **de la** Lámpara

PI: Puntos de Iluminación

NTA: Número Total de Abonados

CMAF: Consumo Mensual de Alumbrado Público

CAAP: Consumo Anual de Alumbrado Público

Fuente: Elaboración propia

Pronóstico de Máxima Demanda y Consumo de Energía Eléctrica

Para ello consideramos:

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Porcentaje de pérdidas de energía | 7% |
| Factor de carga | 20% |

Además:

ENERGÍA TOTAL REQUERIDA (kwh-año) = CONSUMO TOTAL / (1-% PERDIDAS)

MAXIMA DEMANDA (KW) = ENERGÍA TOTAL REQUERIDA / (fc * 8760)

Tabla 25

Pronóstico de Máxima Demanda y Consumo de Energía Eléctrica

| AÑO | CONSUMO TOTAL Doméstico (kWh-año) | CONSUMO TOTAL Alumbrado Público (kWh-año) | CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (kWh-año) | ENERGÍA TOTAL REQUERIDA (kWh-año) | MÁXIMA DEMANDA (kW) |
|------|--|---|---|--|---------------------------|
| 2020 | 1605 | 760 | 2365 | 2543,13 | 1,45 |
| 2021 | 1621 | 764 | 2385 | 2564,52 | 1,46 |
| 2022 | 1638 | 767 | 2405 | 2586,11 | 1,48 |
| 2023 | 1654 | 771 | 2425 | 2607,89 | 1,49 |
| 2024 | 1671 | 775 | 2446 | 2629,86 | 1,50 |
| 2025 | 1687 | 779 | 2466 | 2652,04 | 1,51 |
| 2026 | 1704 | 783 | 2487 | 2674,42 | 1,53 |
| 2027 | 1721 | 787 | 2508 | 2697,00 | 1,54 |
| 2028 | 1739 | 791 | 2529 | 2719,78 | 1,55 |
| 2029 | 1756 | 795 | 2551 | 2742,78 | 1,57 |
| 2030 | 1774 | 799 | 2572 | 2765,98 | 1,58 |
| 2031 | 1792 | 803 | 2594 | 2789,39 | 1,59 |
| 2032 | 1809 | 807 | 2616 | 2813,02 | 1,61 |

| | | | | | |
|------|------|-----|------|----------------|-------------|
| 2033 | 1828 | 811 | 2638 | 2836,86 | 1,62 |
| 2034 | 1846 | 815 | 2661 | 2860,92 | 1,63 |
| 2035 | 1864 | 819 | 2683 | 2885,20 | 1,65 |
| 2036 | 1883 | 823 | 2706 | 2909,70 | 1,66 |
| 2037 | 1902 | 827 | 2729 | 2934,42 | 1,67 |
| 2038 | 1921 | 831 | 2752 | 2959,37 | 1,69 |
| 2039 | 1940 | 835 | 2776 | 2984,55 | 1,70 |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 05

Diseño de la Central Fotovoltaica, cálculo y selección de equipos

Determinación de la radiación solar diaria.

Para los cálculos se tomó la radiación del mes más bajo, que se logró tener con las mediciones realizadas, que fue del mes de Junio $4,47 \text{ kW h / m}^2 \text{ / día}$.

Orientación del Generador Fotovoltaico

El Valor de la inclinación de los paneles solares con respecto a la horizontal, cuando se pretende que la instalación se use todo el año con un rendimiento aceptable, coincide aproximadamente con la latitud del lugar donde se instales. Si la instalación se usa principalmente en invierno, entonces la inclinación óptima de los módulos sería la obtenida de sumarle a la latitud 10° . Y por el contrario, si la instalación va a usarse básicamente en verano, la inclinación que habría que proporcionarle a los módulos sería el resultado de restar a la latitud de lugar 20° . Por último si se pretende un diseño óptimo que funcione para todo el año, la inclinación que habrá que proporcionarle al panel solar será igual a la latitud del lugar, como se ha dicho:

Coordenadas: Latitud: $6^\circ 21' 52''$ y Longitud: $79^\circ 45' 12''$

En esta ocasión, se pretende que la instalación proporcione energía suficiente en los meses de menor radiación. Por lo tanto, según lo indicado anteriormente, la inclinación final podrá situarse entre la latitud del lugar (6°) y la latitud más 10° (16°).

Finalmente y por facilidad constructiva de la estructura que portará los módulos, se elegirá una inclinación de 15° .

Equipos Electromecánicos

Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos

Los paneles serán del tipo policristalino, esto se debe a que está comprobado que actualmente son los más económicos.

Cálculo de la Energía a Distribuir en Corriente Alterna ($L_{md, AC}$)

$$L_{md, AC} = \frac{ET_{20}}{R}$$

Donde: ET_{20} : Energía Diaria a Distribuir en el año 20: 10,90 kW-h/día

$$R = 1 - [(1 - K_b - K_c - K_v) K_a N/PD] - K_b - K_c - K_v$$

Dónde:

K_b = Pérdida por rendimiento en la batería: 0,05

K_c = Pérdida en el inversor: 0,05

K_v = Pérdidas diversas: 0,05

K_a = Pérdidas por auto descarga: 0,005

PD= Profundidad de descarga de la batería: 0,8

N = Número de días de autonomía: 4

$$R = 0,829$$

$$L_{md, AC} = 8,18 \text{ kW-h/día}$$

Cálculo de la Energía Total a Distribuir (L_{md})

$$L_{md} = \frac{L_{md, DC} + \frac{L_{md, AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{con}}$$

Donde:

$L_{md, DC}$: Energía Real a Distribuir en DC: 0

$L_{md, AC}$: Energía Real a Distribuir en AC: 8,18 kW-h/día

η_{inv} : Eficiencia del Inversor: 0,90

η_{bat} : Eficiencia de la Batería: 0,90

η_{con} : Eficiencia de la Conducción: 0,90

$L_{md} = 13,54$ kW-h/día

Cálculo del Número de Módulos ($N_{mód}$)

$$N_{mód} = \frac{L_{md}}{P_{MP} \cdot HSP_{crit} \cdot PR}$$

Dónde:

L_{md} : Energía Real a Distribuir: 13,54 kW-h/día

P_{MP} : Potencia de cada Módulo: 300 Wp

HPS_{CRIT} : Hora Pico Solar Crítica: 4

PR : Eficiencia de cada Panel: 0,9

$$N_{ptotal} = 11,214 \approx 12$$

Especificaciones Técnicas del Panel Solar

| ELECTRICAL DATA | | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| MODULE | | FU 295 P | FU 300 P | FU 305 P | FU 310 P | FU315 P |
| Standard Test Conditions STC: 1000W/sqm - AM 1.5 - 25°C - measuring tolerance <3% | | | | | | |
| Module power (Pmax) | W | 295 | 300 | 305 | 310 | 315 |
| Module efficiency | % | 15.23 | 15.48 | 15.74 | 16 | 16.26 |
| Maximun power voltage (Vmpp) | V | 36.9 | 32.1 | 37.4 | 37.6 | 37.9 |
| Maximun power current (Impp) | A | 8 | 8.11 | 8.21 | 8.31 | 8.4 |
| Open circuit voltage (Voc) | V | 44.9 | 45.1 | 45.3 | 45.5 | 45.7 |
| Short circuit current (Isc) | A | 8.4 | 8.48 | 8.56 | 8.63 | 8.7 |
| Maximun system voltage | V | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Nominal Operating Cell Temperature NOCT: 800 W/sqm - T=45°C - AM 1.5 | | | | | | |

| | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| Module power (Pmax) | W | 208 | 212 | 216 | 219 | 224 |
| Maximun power voltage (Vmpp) | A | 33.1 | 33.3 | 33.5 | 33.7 | 33.9 |
| Maximun power current (Impp) | V | 6.3 | 6.38 | 6.46 | 6.53 | 6.6 |
| Open circuit voltage (Voc) | A | 40.6 | 40.8 | 41 | 41.2 | 41.4 |
| Short circuit current (Isc) | V | 6.73 | 6.79 | 6.85 | 6.91 | 6.95 |

| MECHANICAL SPECIFICATIONS | |
|---------------------------|---|
| Dimensions | 1957x990x40 mm |
| weight | 25 Kg |
| Glass | Tempered, transparent, 3.2 mm |
| Cell Encapsulation | Eva (Ethylene Vinyl Acetate |
| Cells | 72 three bus-bar polycrystalline cells 156x156 mm |
| Backsheet | Composite multilayer film |
| Frame | Anodized aluminium frame with mounting and drainage holes |
| Junction box | Dimensions: 130 x 150 x 26 mm, IP 65 approves |
| Cables | Solar cable, length 900 mm (1500 mm upon request) assembled with MC4-combinable plugs |

Conexión de los paneles solares

Conexión serie

$$N_S = \frac{V_{BAT}}{V_{PANEL}}$$

$$N_S = \frac{12}{37.1} = 0,32 \approx 1$$

Dónde:

N_S : Numero de módulos en serie.

V_{BAT} : Tensión nominal del sistema=12

V_{PANEL} : Tensión nominal de los módulos = 37,1 V

Conexión paralelo

$$N_P = \frac{N_T}{N_S}$$

$$N_P = \frac{12}{1} = 12$$

Dónde:

N_S : Número de módulos en serie.

N_T : Número total de paneles.

Selección del Regulador de Carga.

Cálculo del Regulador/Controlador de carga

Corriente de entrada al Regulador

$$I_{entrada} = 1,25 \cdot I_{MOD,SC} \cdot N_P$$

$$I_{MOD,SC} = 8,48 \text{ A}$$

$$N_P = 12$$

$$I_{entrada} = 127 \text{ A}$$

Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al Regulador: 1,25

Corriente de salida del Regulador

$$I_{salida} = \frac{1,25 \cdot (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}}$$

$$\eta_{inv} = 0,9$$

$$I_{salida} = 197 \text{ A}$$

El número de reguladores necesarios para instalar vendrá dado por la siguiente expresión:

$$N_{reguladores} = I_{Re} / I_{MÁX,e}$$

Dónde:

$I_{\max,e}$ = Intensidad máxima de entrada del regulador: 70 A

$N_{\text{reguladores}} = 2$

La instalación podrá ser dividida en 2 grupos; 2 ramales de 6 Paneles Fotovoltaicos cada uno, alimentando cada grupo a un regulador distinto, y conectando después todas las salidas al mismo acumulador solar o baterías, según el siguiente esquema de configuración prevista:

Especificaciones técnicas de Regulador

| ESPECIFICACIONES | | |
|--|--|--|
| MODELOS | MPPT - 50C | MPPT 80C |
| Corriente de salida máxima (Continua hasta 50°C de temperatura ambiente) | 50A | 80A |
| Tensión de baterías | 12, 24, 36, 48 VCC Normal | |
| Corriente de entrada de FV máx. | 40A | 70A |
| Rango de tensión de entrada | 16 - 12 VCC operando 140 VCC máx. Tensión de circuito abierto | |
| Potencia máx. del campo Fv | 3250 W (máx. al igualar una batería 48 V a 64 V en 50 A) | 5200 W (máx. al igualar una batería 48 V a 64 V en 80 A) |
| Modos de regulación de carga | Carga plena o Bulk, Absorción, flotación, Ecuilización manual/ automática | |
| Compensación de temperatura de batería BTS | 5 mV por °C, por celda de 2 V | |
| Capacidad de conversión de CC a CC | Batería de 12V: 16 - 112 VCC Batería de 24V: 32 - 112 VCC Batería de 36V: 36 - 112 VCC Batería de 48V: 48 - 112 VCC | |
| Estado | Pantalla LCD muestra tensión de entrada y corriente, tensión de salida y corriente, modo de carga, estado de carga de la batería SOC | |
| Registro de datos | Registra la energía conectada en 90 días, pantalla LCD WH, KWH, AH | |
| Monitorización de energía | Pantalla LCD muestra el estado de la carga, Ahm WH y corriente de descarga. Es preciso usar un shunt de 50mV/500A | |
| Relés auxiliares | Tres relés independientes de contacto A (SPST) para control de equipos externos | |

| | | |
|--------------------------|--|-------------------|
| Temperatura de operación | Potencia completa de salida hasta +50°C ambiente | |
| Potencia de reposo | <2W | |
| Dimensiones (AxBxC) mm | 267,7 x 196 x 147 | 414,8 x 225 x 147 |
| Peso (Kg.) | 4,3 | 7,1 |

Cálculo del Sistema de Acumulación

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (C_{nd})

C_n : Capacidad nominal del banco de baterías. (Ah)

L_{md} : Energía media diario

N : Periodo de autonomía (días)

V_{bat} : Voltaje de la batería: 12 V

$PD_{max,e}$: Profundidad de Descarga Máxima Estacional : 78% 0,78

PD_{max} : Profundidad de Descarga Máxima : 25% 0,25

Consumo de energía medio en Ah/día:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

$$Q_{Ah} = 13534,27 / 12 = 1\,128 \text{ Ah}$$

Reemplazando:

$$C_{NBAT} = \frac{Q_{Ah}}{PD_{MÁX,d}}$$

$$C_{NBAT} = 4\,511 \text{ Ah}$$

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional

(C_{ne}):

$$C_{NBAT} = \frac{Q_{Ah} \cdot \eta}{PD_{MÁX,e}}$$

$$C_{NBAT} = 5\,784 \text{ Ah}$$

Se ha seleccionado Batería solar de 12 V 260 Ah

| | (Ah) | (V) |
|---------|------|-----|
| BATERIA | 260 | 12 |

$$CANTIDAD DE BATERIAS = \frac{Cn}{Ah}$$

$$C_{BATERIAS} = 22$$

Especificaciones de la Batería seleccionada:

Batería 12V 260Ah Formula Star

| FICHA TECNICA | |
|------------------------------|-------------------------|
| Modelo | FS260 |
| Voltios | 12 |
| Amperios (Ah) | 260 |
| Tipo | Monoblock |
| Aplicaciones | Fotovoltaicas |
| Referencia | FS260 |
| Peso (Kg.) | 70 |
| Amperios en 100 horas | 260 |
| Mantenimiento | Sin mantenimiento |
| Tecnología | Ca/Ca Sin mantenimiento |
| Largo (mm) | 518 |
| Ancho (mm) | 276 |
| Alto (mm) | 242 |
| Media (mm) | 518x276x242 |
| Garantía (Meses) | 12 |

Selección del Inversor

La potencia del inversor debe ser mayor a 1,2 veces de la potencia instalada de los paneles solares que demanda la localidad en el año 20.

$$P_{inv} = 1,2 * POT_{max}$$

$$P_{inv} = 2\,044\,W$$

En ese sentido utilizaremos un (01) inversores de 2 500 W.

Especificaciones del Inversor seleccionado.

Technical data and types

| Type code | PVS300-TL-3300W-2 | PVS300-TL-4000W-2 | PVS300-TL-4600W-2 | PVS300-TL-6000W-2 | PVS300-TL-8000W-2 |
|--|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 3.3KW | 4.0KW | 4.6KW | 6KW | 8KW |
| Input (DC) | | | | | |
| Nominal PV-power(Ppv) | 3400W | 4100W | 4700W | 6100W | 8100W |
| Maximun PV-power | 3700W | 4500W | 5200W | 6700W | 8900W |
| DC voltage range, mpp (Upc) | 335 O 800 V | | | | |
| Max DC Voltage (Udc,max) | 900V | | | | |
| Nominal DC voltage (Un) | 480 V | | | | |
| Max Dc current (Idc, max) | 10.5 A | 12.7 A | 14.6 A | 19.0 A | 25.4 A |
| Number of DC inputs (parallel) | 4, WITH MC4 quick connectors | | | | |
| Output(AC) | | | | | |
| Nominal AC output power (Pac) | 330 W | 4000 W | 4600 W | 6000 W | 8000 W |
| Nominal AC current (Iac,nom) | 14.3 A | 17.4 A | 20 A | 26.1 A | 34.8 A |
| Nominal voltage (Vac, nom) | 230 V | | | | |
| Operating range, grid voltage | 180 to 276 V | | | | |
| Operating range, grid frequency (fac) | 47 to 63 Hz | | | | |
| Harmonic distorsion of grid current (K,ac) | < 3% | | | | |
| Power factor (cosφii) | 1 | | | | |
| Grid connection | Single phase I, N and PE | | | | |
| Transformer | No | | | | |
| Efficiency | | | | | |
| Max efficiency (Pacmax) | 97.10% | | | | |
| Euro-eta | 96% | 96.30% | 96.30% | 96.60% | 96.60% |
| Power consumption | | | | | |
| in standby operation (Pstandby) | < 12W | | | | |
| Night consumption (Pright) | < 1 W | | | | |
| Environmental limits | | | | | |
| Degre of protection | IP55 | | | | |
| Permissible ambient temperature range | 25 C° to 60 C° | | | | |
| Nominal power up to | 50C° | | | | |
| Relative humidity, not condensing | 0 to 100% | | | | |
| Max altitude (above sea level) | 2000 m | | | | |
| Acoustic noise level | < 45 dBA | | | | |

Cálculo y selección de conductores eléctricos

Caída de Tensión: nos permite calcular la cantidad de tensión se pierde en diferentes longitudes, según las normas del IDEA es de 1,15%.

| TRAMOS | L(m) |
|------------------------------------|------|
| PANEL SOLAR - REGULADOR | 5 |
| REGULADOR - BATERIA | 6 |
| REGULADOR - INVERSOR | 10 |
| Distancia entre componentes | |

Selección del cable conductor

Sección del cable conductor en mm²

$$S = 2 * \frac{L * I}{\Delta V * K}$$

Dónde:

$I = N_{panel} * I_{sc}$: Corriente que pasa por el conductor.

$\Delta V = \Delta V \% * V_{MP}$: Caída de tensión en conductor.

K : Conductividad 56 m/ Ohm.mm²

Selección del conductor por tramos

| TRAMOS | L(m) |
|-------------------------------|-------|
| PANEL SOLAR - REGULADOR | 16.33 |
| REGULADOR - BATERIA | 39.18 |
| REGULADOR - INVERSOR | 10.03 |
| Diámetro del conductor | |

Selección de la estructura de soporte

Se obtuvo un total de 12 paneles, que serán dispuestos en 2 ramas de 6 paneles por rama, como se detallara posteriormente, para poder optimizar el diseño se seleccionó la estructura K2 – Cross Rail de la marca KRANNICH Solar.



Estructura porta paneles KRANNICH K2

Una vez seleccionada la estructura de soporte y modulo fotovoltaico, se procede con el cálculo y selección de los componentes eléctricos del sistema.

Características:

- Ángulo de montaje óptimo: Ofrece la posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación. El ajuste estándar es 30° y ofrece un rango óptimo de funcionamiento entre 15° y 35° .
- Montaje rápido: la mayoría de componentes se han pre confeccionados dependiendo a la clase de módulo que se eligió.
- Vida útil prolongada: Los materiales usados se fabrican de acero inoxidable y aluminio. Y la alta resistencia a la corrosión garantiza su larga vida útil.
- Precios atractivos: fabricación óptima que nos da la facilidad de hacer adaptaciones rápidas y económicas
- Gran compatibilidad de módulos: se puede usar, prácticamente los diferentes módulos dependiendo de los fabricantes.

- Durabilidad garantizada: CONERGY ofrece una garantía de 10 años en cuanto a los componentes de fabricación

Tabla 26
Presupuesto de la Mini Central Fotovoltaica

| METRADO Y PRESUPUESTO | | | | |
|--|---|---------------|----------------------|----------------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | P. Unit (S/.) | P.Total (S/.) |
| 1,0 | SUMINISTRO DE MATERIALES | | | 24175,00 |
| 1,1 | Módulo fotovoltaico | 12 | 664,50 | 7974,00 |
| 1,2 | Regulador | 2 | 450,50 | 901,00 |
| 1,3 | Baterías | 22 | 350,00 | 7700,00 |
| 1,4 | Cable de cobre para conexión de elementos de la micro central. | 1 | 100,00 | 100,00 |
| 1,6 | Sistema de Control | 1 | 2000,00 | 2000,00 |
| 1,7 | Convertidor de CC a CA | 1 | 5500,00 | 5500,00 |
| 2,0 | MANO DE OBRA | | | 1450,50 |
| 2,1 | Costo de Montaje e Instalación (6% del Suministro de Materiales) | 1 | 1450,50 | 1450,50 |
| 3,0 | TRANSPORTE | | | 241,75 |
| 3,1 | Costo de Transporte de Materiales (1% del Suministro de Materiales) | 1 | 241,75 | 241,75 |
| COSTO DIRECTO | | | | 25867,25 |
| PRESUPUESTO FINAL DE LA CENTRAL SOLAR (S/.) | | | | 25867,25 |

ANEXO 06

Costo del kW-h Generado

El costo del kW-h generado lo determinamos con la siguiente fórmula:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{i + Mt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E}{(1+r)^t}}$$

Donde:

- t = Vida estimada de la instalación
- i = Inversión inicial
- Mt = costes de operación y mantenimiento
- E = Energía generada durante la vida del sistema
- r = Tasa de descuento

Para nuestra investigación tenemos los siguientes valores:

| | | |
|---|----------|------|
| i = Inversión Inicial | 25867,25 | S/. |
| E = Energía durante la vida del sistema (20 años) | 55156,95 | kW-h |
| Mt = Costes de Operación y Mantenimiento | 22601,00 | S/. |
| r = Tasa de Descuento | 0,12 | |

De donde obtenemos los siguientes resultados:

| AÑO | $(1 + Mt)/(1+r)^t$ | $E/(1+r)^t$ |
|-----|--------------------|-------------|
| 1 | 43275,22 | 49247,28 |
| 2 | 38638,59 | 43970,78 |
| 3 | 34498,74 | 39259,63 |
| 4 | 30802,45 | 35053,24 |
| 5 | 27502,19 | 31297,54 |
| 6 | 24555,52 | 27944,23 |
| 7 | 21924,57 | 24950,20 |
| 8 | 19575,51 | 22276,97 |
| 9 | 17478,14 | 19890,15 |
| 10 | 15605,48 | 17759,06 |
| 11 | 13933,46 | 15856,31 |
| 12 | 12440,59 | 14157,42 |
| 13 | 11107,67 | 12640,55 |
| 14 | 9917,56 | 11286,21 |

| | | |
|--------------|-----------|---------------|
| 15 | 8854,97 | 10076,97 |
| 16 | 7906,22 | 8997,29 |
| 17 | 7059,13 | 8033,30 |
| 18 | 6302,79 | 7172,59 |
| 19 | 5627,49 | 6404,10 |
| 20 | 5024,55 | 5717,94 |
| TOTAL | 362030,86 | 4,119,917,392 |

Por lo tanto el costo del kW-h generado será:

| | |
|--------------------------------|---------------|
| LCOE = COSTO S/. / kW-h | 0,8787 |
|--------------------------------|---------------|

ANEXO 07

Diseño y cálculo la Red de Baja Tensión

Cálculo Eléctrico

Parámetros y factores de caída de tensión de los cables auto portantes.

Máxima Caída de tensión permisible

$$\Delta V = K * I * L * 10^{-3}$$

Ecuación *caída de tensión*

Dónde:

K : Factor de caída de tensión

I : Corriente en (A)

L : Longitud del tramo en (m)

Circuito I

Cargas de los abonados (KW)

Domestico : 0.200 KW

Conductor : 2 x 16/25

Potencia Luminaria : 0,06 KW

Factor de simultaneidad : 0,958

Porcentaje de caída de tensión: 1,02%

Tabla 27
Caída De Tensión Circuito I

| CIRCUITO I | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|----------------|-----------|----------|-----------|-------|----------|-----------|-------|-------|-------|
| Punto | Lotes | Carga Especial | Luminaria | Potencia | ΣPotencia | K | Longitud | Corriente | ΔV | ΣΔV | ΔV% |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.887 | 3.272 | 5.00 | 4.030 | 0.066 | 0.066 | 0.03% |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.887 | 3.272 | 29.29 | 4.030 | 0.386 | 0.452 | 0.21% |
| 1.1 | 1 | 0 | 0 | 0.192 | 0.887 | 3.272 | 39.13 | 4.030 | 0.516 | 0.968 | 0.44% |
| 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.695 | 3.272 | 41.71 | 3.159 | 0.431 | 1.399 | 0.64% |
| 1.3 | 1 | 0 | 1 | 0.252 | 0.695 | 3.272 | 31.6 | 3.159 | 0.327 | 1.726 | 0.78% |
| 1.4 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.443 | 3.272 | 41.66 | 2.015 | 0.275 | 2.001 | 0.91% |
| 1.5 | 2 | 0 | 1 | 0.443 | 0.443 | 3.272 | 35.61 | 2.015 | 0.235 | 2.236 | 1.02% |

Fuente: Elaboración Propia

Circuito II

Cargas de los abonados (KW)

Domestico : 0,200 KW

Conductor : 2 x 16/25

Potencia Luminaria : 0,06 KW

Factor de simultaneidad : 0,958

Porcentaje de caída de tensión: 1,50%

Tabla 28
Caída De Tensión Circuito II

| CIRCUITO II | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|----------------|-----------|----------|-----------|-------|----------|-----------|-------|-------|-------|
| Punto | Lotes | Carga Especial | Luminaria | Potencia | ΣPotencia | K | Longitud | Corriente | ΔV | ΣΔV | ΔV% |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 1.270 | 3.272 | 5 | 5.773 | 0.094 | 0.094 | 0.04% |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 1.270 | 3.272 | 29.29 | 5.773 | 0.553 | 0.647 | 0.29% |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 0.252 | 1.270 | 3.272 | 42.58 | 5.773 | 0.804 | 1.451 | 0.66% |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0.192 | 1.018 | 3.272 | 46.12 | 4.629 | 0.699 | 2.150 | 0.98% |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 0.252 | 0.827 | 3.272 | 39.21 | 3.758 | 0.482 | 2.632 | 1.20% |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0.192 | 0.575 | 3.272 | 22.49 | 2.614 | 0.192 | 2.824 | 1.28% |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0.192 | 0.383 | 3.272 | 40.48 | 1.742 | 0.231 | 3.055 | 1.39% |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.192 | 3.272 | 39.53 | 0.871 | 0.113 | 3.168 | 1.44% |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 0.192 | 0.192 | 3.272 | 45.53 | 0.871 | 0.130 | 3.298 | 1.50% |

Fuente: Elaboración Propia

Sistema de protección

Fusibles: Hay de distintas formas y capacidades siendo seleccionados según los requerimientos del sistema a proteger. Del mismo modo, la fusión del elemento metálico puede ser extra rápida, rápida o lenta. Serán concertados directamente a los equipos que se busca proteger, El valor de la corriente permitida por la rama a la que protegen no debe superar un valor entre 1,1 y 1,5 veces la corriente máxima.

$$I_{FUSIBLE} \leq 1.5 \times I_{MAX}$$

Se conectarán para proteger los reguladores de tensión y el alternador que son los equipos que pueden presentar fallas y malograrse por daños de sobretensión, en el caso del regulador la corriente se dividirá entre 2, ya que se conectarán 2 equipos reguladores en paralelo.

$$I_{FUS-REGULA} \leq \frac{1.5 \times I_{REGULADOR}}{2}$$

$$I_{FUS-REGULA} \leq \frac{1.5 \times 70}{2}$$

$$I_{FUS-REGULA} \leq 52.5 \text{ Amp}$$

Se emplearán fusibles de la marca CUPPER BUSSMAN del modelo PVS-60, uno para cada regulador de tensión y un fusible antes del ingreso al alternador con una capacidad de 100 amperios, PVS-100.

Puesta a Tierra: Como se estipula en el Código Nacional Utilización: sección 060 – 206: Puestas y Enlaces a Tierra, ésta se deberá instalar un sistema de puesta a tierra, que consiste en una varilla de cobre de 2 metros de profundidad enterrada y con una sección mínima seleccionada. Se seleccionará una puesta a tierra con

Cálculo Mecánico:

Tabla 29
Cálculos Mecánicos Conductor tipo 2 x16/25

| CALCULOS MECANICOS | | |
|---------------------------------|-------|----------|
| DATOS DE CONDUCTOR | | |
| TIPO 2X16/25 | | |
| N° de alambres | - | 7 |
| Sección | mm2 | 25 |
| Diametro Exterior | mm2 | 16.5 |
| Esfuerzo de rotura | N/mm2 | 295.8 |
| Masa total | N/mm2 | 0.249 |
| Peso Total | N/m | 2.4402 |
| Coefc. Dilatación lineal a 20°C | 1/°C | 0.000021 |
| Módulo de elasticidad final | N/mm2 | 60820 |

Fuente: Elaboración Propia

Vano equivalente

$$a_{equiv} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}}$$

Tabla 30
Vano Equivalente

| a | a ³ |
|-------------|----------------|
| 5 | 125.0 |
| 29.29 | 25128.0 |
| 39.13 | 59914.2 |
| 41.71 | 72563.9 |
| 31.6 | 31554.5 |
| 41.66 | 72303.2 |
| 35.61 | 45156.0 |
| 42.58 | 77199.9 |
| 46.12 | 98099.7 |
| 39.21 | 60282.4 |
| 22.49 | 11375.4 |
| 40.48 | 66331.8 |
| 39.53 | 61770.4 |
| 45.53 | 94382.8 |
| 499.94 | 776187.4 |
| Equivalente | Máximo |
| 39.4 | 46.12 |

Vano Equivalente

La base de los factores meteorológicos, son la velocidad del viento, la temperatura, hielo:

| HIPOSTESIS I | | | | |
|--------------|--------|-------------------------------|---------|--------|
| | Vano | σ [N/mm ²] | To [N] | f [cm] |
| Equivalente | 39,403 | 36,319 | 907,972 | 0,013 |
| Maximo | 46,120 | 37,624 | 940,607 | 0,017 |

| HIPOSTESIS II | | | | |
|---------------|--------|-------------------------------|---------|--------|
| | Vano | σ [N/mm ²] | To [N] | f [cm] |
| Equivalente | 41,710 | 34,378 | 859,445 | 0,014 |
| Maximo | 46,120 | 38,883 | 972,065 | 0,025 |

| HIPOSTESIS III | | | | |
|----------------|--------|-------------------------------|----------|--------|
| | Vano | σ [N/mm ²] | To [N] | f [cm] |
| Equivalente | 42,580 | 42,095 | 1052,369 | 0,011 |
| Maximo | 46,120 | 42,823 | 1070,571 | 0,013 |

Resumen de esfuerzos y tensiones

Características del diseño de la altura del poste Red secundaria:

Tabla 31
Altura del Poste

| ALTURA DE POSTE | | | | |
|-----------------|-------------|----------------|------|------------|
| Vanos | Flecha Max. | Distancia Min. | Hp | Resultados |
| 39.4 | 0.01398 | 6 | 7.13 | 8 |
| 46.12 | 0.1699 | 6 | 7.14 | 8 |

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo mecánico de retenidas

Tabla 32
Tiro máximo de retenidas

| TIRO MAXIMO DE RETENIDAS SIMPLE (TR) | | |
|--------------------------------------|----------|--------|
| DATOS | CANTIDAD | UNIDAD |
| Tiro máximo del cable | 3850 | Kg. |
| Coeficiente de seguridad | 2 | |
| TR | 1925 | Kg. |

| FUERZA MAXIMA DE CONDUCTOR | | |
|-------------------------------------|------------|--------|
| DATOS | CANTIDAD | UNIDAD |
| Tiro máximo de la retenida | 4850 | Kg. |
| Angulo de la con la vertical | 30 | ° |
| Altura de la aplicación de retenida | 6.5 | m |
| Fp | 2352.61194 | Kg. |

| CALCULO DE ANCLAJE | | |
|--|-------------|-------------------|
| PARAMETROS A CONSIDERAR | UNIDAD | CANTIDAD |
| Bloque de anclaje 0.4x0.4x0.2 | | m |
| Varilla de anclaje (Comercial) | 0.625 | |
| Máximo tiro que soporta la retenida (Tr) | 4850 | Kg. |
| inclinación de la varilla | 30 | ° |
| Peso específico del terreno (tierra media) | 1545 | Kg/m ³ |
| Angulo de deslizamiento | 50 | ° |
| V | 1.56957929 | m ³ |
| h | 1.415 | |
| l | 1.833901262 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33
Planilla de Metrados

| N° | | POSTES | | MATERIAL ELECTRICO ACCESORIO | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|--------|-------|------------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| ESTRUCTURA | TIPO | 8/200 | 8/300 | GRAPA SUSP. ANG. | GRAPA ANC. CONICA | PERNO GANCHO 5/8" c/ARAND. | PERNO A'G' 1/2" c/TUERCA Y CONTRAT. | PORTALINEA UNIP. c/PIN 3/8" | CORREA PLAST. | PERNO OJO 5/8" c/tuerca y contr. | TUERCA OJO 5/8" | COND. Cu RECOCIDO N2XY 10 mm2 | CONEC. BIMT. TIPO I | CONEC. BIMT. TIPO II | CONEC. BIMT. TIPO III | CONEC. TIPO I | CONEC. TIPO II | FLEJE DE ACERO 19 mm chabilla | ARANDELA CUAD. 57 mm c/aquero 18 | CINTA AUTOFUND. |
| TOTAL | | 18 | 20 | 16 | 30 | 16 | 0 | 0 | 149 | 21 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 58 | 0 |
| SUBESTACION N° 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | E3/S | 1 | | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 2 | E3/S | | 2 | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 3 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 4 | E4/S | | 1 | | 2 | | | | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | |
| 5 | E4/S | | 1 | | 2 | | | | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | |
| 6 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 7 | E6/S | | 1 | | 3 | | | | 6 | 2 | 1 | | | | | 1 | | | 4 | |
| 7,1 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 7,2 | E5/S | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 6 | 1 | | | | | | 1 | | | 3 | |
| 7,2,1 | E3/S | 1 | | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 7,3 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 7,4 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 7,5 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 7,6 | E3/S | | 2 | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 7,7 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 7,8 | E3/S | | 1 | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 8 | E3/S | | 2 | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 9 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 10 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 11 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 12 | E4/S | | 1 | | 2 | | | | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | |
| 13 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 14 | E4/S | | | | 2 | | | | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | |
| 15 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 16 | E4/S | | 1 | | 2 | | | | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | |
| 17 | E3/S | | 2 | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 18 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 19 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 20 | E6/S | | 1 | | 3 | | | | 6 | 2 | 1 | | | | | 1 | | | 4 | |
| 21 | E4/S | | 1 | | 2 | | | | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | |
| 22 | E4/S | 1 | | | 2 | | | | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | |
| 23 | E3/S | | 2 | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |
| 24 | E1/S | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 | | | | | | | | | | 1 | |
| 25 | E3/S | | 1 | | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | | | | 2 | |

| ALUMBRADO PÚBLICO | | | | | | | RETENIDAS | | PUESTA A TIERRA | | | | N° POSTE | | CONFIGURACIÓN DE CONDUCT. (Km) | | | | |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------|-------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------|----------|-------|--------------------------------|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| CONEC. BIMT. TIPO II | COND. Cu RECOCIDO N2XY 10 m.m2 | PORTA FUSIBLE UNIP. 220 V / 5A | CONEC. BIMT. TIPO IV | ABRAZADERA FIJAC. PASTORAL | PASTORAL DE TUBO DIAM.38mm | LUMINARIA CON LAMPARA DE | INCL. | VERT. | CONEC. BIMT. TIPO III | COND. P.A.T Cu recoc. Cableado | CONEC. BRONCE PARA | ELECTR. DE ACERO RECUB. Cu | TRAMO | | 1x16/25 (A) | 1x16/25+16/25 (B) | 2x16/25 @ | 2x16/25+16/25 (D) | 2x16/25+16/25 (F) |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 4 | 4 | 17 | 0 | 6 | 60 | 6 | 6 | | | 0 | 0 | 0,4205 | 0,557 | 0 |
| SUBESTACION N° 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 | | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | 0,03 | |
| | | | | | | | | | | | | | 2 | 3 | | | | 0,028 | |
| | | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | | | | 0,028 | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 4 | 5 | | | | 0,017 | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 5 | 6 | | | | 0,035 | |
| | | | | | | | | | | | | | 6 | 7 | | | | 0,035 | |
| | | | | | | | 1 | | 1 | 10 | 1 | 1 | 7 | 7,1 | | | 0,0335 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 7,1 | 7,2 | | | 0,03 | | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 7,2 | 7,2,1 | | | 0,0235 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,03 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 7,2 | 7,3 | | | 0,03 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 7,3 | 7,4 | | | 0,03 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 7,4 | 7,5 | | | 0,0235 | | |
| | | | | | | | 2 | | 1 | 10 | 1 | 1 | 7,5 | 7,6 | | | 0,041 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 7,6 | 7,7 | | | 0,041 | | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 7,7 | 7,8 | | | | 0,028 | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 7 | 8 | | | | 0,024 | |
| | | | | | | | | | | | | | 8 | 9 | | | | 0,03 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | 9 | 10 | | | | 0,03 | |
| | | | | | | | | | | | | | 10 | 11 | | | | 0,03 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | 11 | 12 | | | | 0,03 | |
| | | | | | | | | | 1 | 10 | 1 | 1 | 13 | 14 | | | | 0,03 | |
| | | | | | | | | | | | | | 14 | 15 | | | | 0,03 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | 15 | 16 | | | | 0,03 | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 16 | 17 | | | | 0,024 | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 17 | 18 | | | | 0,038 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | 18 | 19 | | | | 0,03 | |
| | | | | | | | | | 1 | 10 | 1 | 1 | 19 | 20 | | | | 0,03 | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 20 | 21 | | | 0,021 | | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 21 | 22 | | | 0,0235 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 22 | 23 | | | 0,0235 | | |
| | | | | | | | 1 | | | | | | 23 | 24 | | | 0,035 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 24 | 25 | | | 0,035 | | |
| | | | | | | | 1 | | 1 | 10 | 1 | 1 | | | | | | | |

| EST. | COMPONENTES CONEXIONES DOMICILIARIAS | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------|------------------------------------|---|-------------------------------|------------------------------------|
| N° | CONEC. BIMT. TIPO II | CONEC. BIMT. TIPO I | MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA | CAJA MET. PORTA MEDIDOR | INTERRUPTOR TERMAG. BIPOLAR 5A, 220V | CURVA PLAST. SAP 180° | TARUGO DE CEDRO 13 mm x 60 mm | ARMELLA TIRAFONDO 3/8" X 60 mm L. | TEMPLADOR | TUBO PLAST. PVC SAP 3/4"; 3m Long. | CONDUCT. CONCENT. Cu 2x4mm2 c/Aislamiento | ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG | TUBO PLAST. PVC SAP 3/4"; 4m Long. |
| | 37 | 26 | 37 | 37 | 37 | 34 | 34 | 34 | 74 | 31 | 645 | 12 | 6 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 30 | | |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 7,1 | | | | | | | | | | | | | |
| 7,2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 7,3 | | | | | | | | | | | | | |
| 7,4 | | | | | | | | | | | | | |
| 7,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 7,6 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | 2 | | 30 | 2 | 1 |
| 7,7 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 60 | 2 | 1 |
| 7,8 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | 2 | | 30 | 2 | 1 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 30 | | |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 12 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 30 | | |
| 13 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 30 | | |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 18 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 45 | 2 | 1 |
| 19 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 45 | 2 | 1 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 30 | | 112 |
| 24 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 45 | 2 | 1 |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 | | |

Tabla 34

Presupuesto de la Red Secundaria

| ITEM | DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS | UND. | COSTO (\$/.) | | | |
|------|--|------|--------------|--------|----------|-----------------|
| | | | MICROCENTRAL | TOTAL | UNITARIO | PARCIAL |
| 1,00 | POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO | | | | | |
| 1,01 | POSTE DE MADERA DE 8 m/2 000N | Und | 0,00 | 0,00 | 368,00 | 0,00 |
| 1,02 | POSTE DE MADERA DE 8 m/3 000N | Und | 13,00 | 13,00 | 385,00 | 5.005,00 |
| | SUB-TOTAL 1 | | | | | 5005,00 |
| 2,00 | CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO | | | | | |
| 2,01 | CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 2x25 + 1x16 + NP25 mm ² | m | 0,00 | 0,00 | 8,32 | 0,00 |
| 2,02 | CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 2x16 + 1x16 + NP25 mm ² | m | 0,00 | 0,00 | 6,51 | 0,00 |
| 2,03 | CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 2x16 + NP25 mm ² | m | 499,94 | 499,94 | 4,60 | 2.299,72 |
| 2,04 | CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 1x16 + NP25 mm ² | m | 0,00 | 0,00 | 5,35 | 0,00 |
| | SUB-TOTAL 2 | | | | | 2299,72 |
| 3,00 | ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES | | | | | |
| 3,01 | GRAPA DE SUSPENSIÓN ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO 25 A 35 m | Und | 5,00 | 5,00 | 9,12 | 45,60 |
| 3,02 | GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 mm ² | Und | 3,00 | 3,00 | 9,55 | 28,65 |
| 3,03 | CONECTOR AISLADO TIPO PERFORACION, PARA CONDUCTORES 25 Al 35 mm ² Y FASE AISLADA | Und | 5,00 | 5,00 | 5,41 | 27,05 |
| 3,04 | CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO | Und | 10,00 | 10,00 | 0,32 | 3,20 |
| 3,05 | CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE | m | 2,00 | 2,00 | 15,20 | 30,40 |
| 3,06 | CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO TIPO PERFORACION, P' CONDUCTORES Al 35mm ² /Cu 4-10mm | Und | 5,00 | 5,00 | 5,41 | 27,05 |
| 3,07 | CINTA AISLANTE | m | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 6,00 |
| | SUB-TOTAL 3 | | | | | 167,95 |
| 4,00 | CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE | | | | | |
| 4,01 | CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, Y CUBIERTA DE PVC | m | 0,00 | 0,00 | 3,80 | 0,00 |
| 4,02 | CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, CUBIERTA NEGRA | m | 5,00 | 5,00 | 4,10 | 20,50 |
| 4,03 | CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 10 mm ² | m | 2,00 | 2,00 | 5,43 | 10,86 |
| | SUB-TOTAL 4 | | | | | 31,36 |
| 5,00 | LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS | | | | | |
| | PASTORAL TUBO A"G 38 mm Ø, INT.; 500mm AVANCE HORIZ.; 720 mm ALTURA, Y 20" | | | | | |
| 5,01 | INCLINACION, PROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC | Und | 3,00 | 3,00 | 52,00 | 156,00 |
| 5,02 | LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W | Und | 3,00 | 3,00 | 100,00 | 300,00 |
| 5,03 | LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W | Und | 0,00 | 0,00 | 24,65 | 0,00 |
| 5,04 | CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO TIPO PERFORACION, P' CONDUCTORES Al 16mm ² /Cu 4- | Und | 4,00 | 4,00 | 7,40 | 29,60 |
| | SUB-TOTAL 5 | | | | | 485,60 |
| 6,00 | RETENIDAS Y ANCLAJES | | | | | |
| 6,01 | CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS-MARTIN, 10 mm Ø, 7 HILOS | m | 2,00 | 2,00 | 3,36 | 6,72 |
| 6,02 | PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE 203 mm x 16 mm Ø | Und | 2,00 | 2,00 | 11,19 | 22,38 |
| 6,03 | VARILLA DE ANCLAJE DE ACERO DE 13 mm Ø x 2,40 m PROVISTO DE OJAL-GUARDACABO, TUERCA | Und | 1,00 | 1,00 | 20,00 | 20,00 |
| 6,04 | ARANDELA DE ANCLAJE DE ACERO DE 102 x102 x5 mm, AGUJ. 18 mm Ø | Und | 2,00 | 2,00 | 4,34 | 8,68 |
| 6,05 | AMARRE PREFORMADO DE A6G PARA CABLES DE 10mm | Und | 1,00 | 1,00 | 13,78 | 13,78 |
| 6,06 | ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57x5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø | Und | 2,00 | 2,00 | 1,53 | 3,06 |
| 6,07 | ALAMBRE DE A"G Nº 12 PARA ENTORCHADO | m | 2,00 | 2,00 | 0,63 | 1,26 |
| 6,08 | BLOQUE DE CONCRETO ARMADO DE 0,40 x 0,40 x 0,20 m | Und | 13,00 | 13,00 | 25,50 | 331,50 |
| 6,09 | CANAleta GUARDACABLE | Und | 2,00 | 39,00 | 40,00 | 1.560,00 |
| 6,10 | CONTRAPUNTA DE F8G 51 mm f x 1 m, con ABRAZADERA PARTIDA, PLATINA 100 x 5 mm, 4 PE | Und | 2,00 | 2,00 | 32,00 | 64,00 |
| 6,11 | AIslADOR DE TRACCIÓN TIPO NUEZ ANSI 54-1 | Und | 2,00 | 2,00 | 11,50 | 23,00 |
| | SUB-TOTAL 6 | | | | | 2054,38 |
| 7,00 | ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS | | | | | |
| 7,01 | PERNO CON GANCHO, DE A"G, DE 16 mm Ø x 203 mm PROVISTO DE ARANDELA FIJA, TUERCA | Und | 2,00 | 2,00 | 9,70 | 19,40 |
| 7,02 | PERNO CON GANCHO, DE A"G, DE 16 mm Ø x 305 mm PROVISTO DE ARANDELA FIJA, TUERCA | Und | 3,00 | 3,00 | 12,55 | 37,65 |
| 7,03 | PERNO DE A"G DE 13 mm Ø x 203 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA | Und | 2,00 | 2,00 | 4,68 | 9,36 |
| 7,04 | BREA LIQUIDA UNDERCOATING PARA PROTECCION BASE POSTE | Gal | 1,00 | 1,00 | 28,00 | 28,00 |
| 7,05 | TUERCA-OJAL DE A"G, PARA PERNO DE 16 mm Ø | Und | 3,00 | 3,00 | 7,04 | 21,12 |
| 7,06 | ARANDELA CUADRADA CURVA DE A"G, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø | Und | 2,00 | 2,00 | 1,53 | 3,06 |
| 7,07 | PORTALINEA UNIPOLAR DE A"G, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø | Und | 1,00 | 1,00 | 0 | 0 |
| | SUB-TOTAL 7 | | | | | 2110,19 |
| 8,00 | ACOMETIDAS DOMICILIARIAS | | | | | |
| 8,01 | ACOMETIDAS DOMICILIARIAS | Und | 10,00 | 10,00 | 300,00 | 3.000,00 |
| | SUB-TOTAL 8 | | | | | 3.000,00 |
| 9,00 | PUESTA A TIERRA | | | | | |
| 9,01 | ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm Ø x 2,40 m | Und | 2,00 | 2,00 | 23,00 | 46,00 |
| 9,02 | CONECTOR DE BRONCE TIPOA AB | Und | 2,00 | 2,00 | 7,58 | 15,16 |
| 9,03 | CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO TIPO PERFORACION, P' CONDUCTORES Al 25mm ² /Cu | Und | 2,00 | 2,00 | 5,42 | 10,84 |
| 9,04 | SAL ELECTROLITICA ECOLOGICA SIMILAR THORGEL | Und | 2,00 | 2,00 | 23,00 | 46,00 |
| 9,05 | CAJA CIRCULAR PARA PUESTA A TIERRA | Und | 2,00 | 2,00 | 25,00 | 50,00 |
| | SUB-TOTAL 9 | | | | | 168,00 |
| | TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES (\$/.) | | | | | 13212,01 |

Elaborado: Elaboración propia

Tabla 35
Montaje de Equipos y Materiales

| ITEM | MONTAJE ELECTROMECHANICO | UNID. | METRADO TOTAL CANT. | PRECIO UNIT. \$/. | TOTAL \$/. |
|--------------------------------|--|---------|---------------------------|-------------------------|---------------|
| 1,00 | OBRAS PRELIMINARES | | | | |
| 1,01 | ESTUDIOS DE INGENIERIA DE LAS REDES SECUNDARIAS | Localid | 0,00 | 153,00 | 0,00 |
| 1,02 | REPLANTEO TOPOGRAFICO, UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS E INGENIERÍA DE DETALLE DE LAS REDES SECUNDARIAS | Local | 0,00 | 286,00 | 0,00 |
| | SUB-TOTAL 1: | | | | 0,00 |
| 2,00 | INSTALACIÓN DE POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO 8 m | | | | |
| 2,01 | TRANSPORTE DE POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO 8 m DE ALMACEN A PUNTO DE IZAJE | u | 13,00 | 11,69 | 151,97 |
| 2,02 | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado) | m3 | 3,00 | 11,35 | 34,05 |
| 2,03 | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso) | m3 | 0,91 | 0,00 | 0,00 |
| 2,04 | IZAJE, IDENTIFICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE POSTE DE 8 m[*] | u | 4,00 | 22,08 | 88,32 |
| 2,05 | RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA CIMENTACIÓN DE POSTE DE 8m | m3 | 1,50 | 30,00 | 45,00 |
| | SUB-TOTAL 2: | | | | 319,34 |
| 3,00 | INSTALACIÓN DE RETENIDAS | | | | |
| 3,01 | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado) | m3 | 5,00 | 11,35 | 56,75 |
| 3,02 | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso) | m3 | 0,65 | 0,00 | 0,00 |
| 3,03 | INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA | u | 0,00 | 16,11 | 0,00 |
| 3,04 | INSTALACIÓN DE RETENIDA VERTICAL | u | 5,00 | 17,32 | 86,60 |
| 3,05 | RELLENO Y COMPACTACIÓN DE RETENIDA INCLINADA Y VERTICAL | m3 | 3,00 | 16,82 | 50,46 |
| | SUB-TOTAL 3: | | | | 193,81 |
| 4,00 | MONTAJE DE ARMADOS | | | | |
| 4,01 | ARMADO TIPO E1/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA | u | 2,00 | 5,30 | 10,60 |
| 4,02 | ARMADO TIPO E2/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA | u | 0,00 | 6,53 | 0,00 |
| 4,03 | ARMADO TIPO E3/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA | u | 3,00 | 5,32 | 15,96 |
| 4,04 | ARMADO TIPO E4/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA | u | 1,00 | 6,53 | 6,53 |
| 4,05 | ARMADO TIPO E5/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA | u | 2,00 | 9,00 | 18,00 |
| 4,06 | ARMADO TIPO E6/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA | u | 0,00 | 9,87 | 0,00 |
| | SUB-TOTAL 4: | | | | 51,09 |
| 5,00 | MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE : | | | | |
| 5,01 | CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16+16+P25 mm² | km | 0,000 | 250,00 | 0,00 |
| 5,02 | CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16+P25 mm² | km | 0,643 | 250,00 | 160,75 |
| | CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 1X16+16+P25 mm² | | 0,00 | 250,00 | 0,00 |
| | SUB-TOTAL 5: | | | | 160,8 |
| 6,00 | INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA | | | | |
| 6,01 | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado) | m3 | 2,00 | 11,35 | 22,70 |
| 6,02 | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso) | m3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6,03 | INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE MADERA | u | 0,00 | 11,82 | 0,00 |
| 6,04 | RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA | m3 | 2,00 | 17,02 | 34,04 |
| | SUB-TOTAL 6: | | | | 56,74 |
| 7,00 | PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS | | | | |
| 7,01 | INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A* G* | u | 3,00 | 6,48 | 19,44 |
| 7,02 | INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA | u | 3,00 | 11,00 | 33,00 |
| | SUB-TOTAL 7: | | | | 52,44 |
| 8,00 | ACOMETIDAS DOMICILIARIAS | | | | |
| 8,01 | INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS | u | 10,00 | 150,00 | 1.500,00 |
| | SUB-TOTAL 8: | | | | 1.500,00 |
| 9,00 | PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO: | | | | |
| 9,01 | PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO | Loc | 1,00 | 250,00 | 250,00 |
| 9,02 | EXPEDIENTE TECNICO FINALES CONFORME A OBRA (1 ORIGINAL + 3 COPIAS) DE REDES SECUNDARIAS, INCLUYE LA PRESENTACIÓN DIGITALIZADA DE L EXPEDIENTE EN UN CD | Loc | 0,00 | 150,00 | 0,00 |
| | SUB-TOTAL 9: | | | | 250,00 |
| TOTAL MONTAJE ELECTROMECHANICO | | | | \$/. | 2.584,17 |

Elaborado: Elaboración propia

Presupuesto del Valor Referencial

| TOTAL DE LA INVERSIÓN | (S/.) |
|---|-----------------|
| Suministro de Materiales Red Secundaria | 13212,01 |
| Montaje Red Secundaria | 2584,17 |
| TOTAL (S/.) | 15796,18 |

Elaborado: Elaboración propia

ANEXO 08

Evaluación Económica de la Central Solar

Total de Inversión para realizar el Proyecto

Tabla 35

INVERSION TOTAL DEL PROYECTO

| TOTAL DE LA INVERSIÓN | (S/.) |
|---|-----------------|
| Sistema Fotovoltaico de Energía | 25867,25 |
| Suministro de Materiales Red Secundaria | 13212,01 |
| Montaje Red Secundaria | 2584,17 |
| TOTAL (S/.) | 40163,43 |

Análisis de la Rentabilidad (VAN, TIR, B/C)

A. Análisis considerando ningún subsidio del Estado

Para realizar el Análisis se ha tenido en cuenta:

| Formulación de datos | |
|----------------------|----------|
| n = | 20 |
| Io= | 40163,43 |
| i= | 12% |

Tabla 36

Ingresos por año

| FLUJO DE INGRESOS | | | |
|-------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|
| Año | Consumo de Energía (kW h) | Costo kWh S/. | Flujo de Ingresos S/. |
| 0 | | | |
| 1 | 2543,13 | 0,879 | 2234,74 |
| 2 | 2564,52 | 0,879 | 2253,53 |
| 3 | 2586,11 | 0,879 | 2272,50 |
| 4 | 2607,89 | 0,879 | 2291,64 |
| 5 | 2629,86 | 0,879 | 2310,95 |

| | | | |
|----|---------|-------|---------|
| 6 | 2652,04 | 0,879 | 2330,43 |
| 7 | 2674,42 | 0,879 | 2350,10 |
| 8 | 2697,00 | 0,879 | 2369,94 |
| 9 | 2719,78 | 0,879 | 2389,96 |
| 10 | 2742,78 | 0,879 | 2410,17 |
| 11 | 2765,98 | 0,879 | 2430,56 |
| 12 | 2789,39 | 0,879 | 2451,13 |
| 13 | 2813,02 | 0,879 | 2471,89 |
| 14 | 2836,86 | 0,879 | 2492,85 |
| 15 | 2860,92 | 0,879 | 2513,99 |
| 16 | 2885,20 | 0,879 | 2535,32 |
| 17 | 2909,70 | 0,879 | 2556,85 |
| 18 | 2934,42 | 0,879 | 2578,58 |
| 19 | 2959,37 | 0,879 | 2600,50 |
| 20 | 2984,55 | 0,879 | 2622,62 |

Fuente: Elaboración Propia

Egresos por Año

Tabla 37
Costos de Operación y Mantenimiento

| COSTOS DE OPERACIÓN | Período | Sueldo x Mant. S/. | Sueldo S/.año |
|--|--------------|-----------------------|------------------|
| Técnico de Mantenimiento | cada 6 meses | 350,00 | 700,00 |
| Total de Costo de Operación y Mantenimiento (S/.) | | | 700,00 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38
Flujo de Egresos

| FLUJO DE EGRESOS | |
|------------------|-------------------------|
| Año | Flujo de Egresos S/. |
| 0 | 40163,43 |
| 1 | 700,00 |
| 2 | 700,00 |
| 3 | 700,00 |

| | |
|----|---------|
| 4 | 700,00 |
| 5 | 700,00 |
| 6 | 700,00 |
| 7 | 700,00 |
| 8 | 700,00 |
| 9 | 700,00 |
| 10 | 9301,00 |
| 11 | 700,00 |
| 12 | 700,00 |
| 13 | 700,00 |
| 14 | 700,00 |
| 15 | 700,00 |
| 16 | 700,00 |
| 17 | 700,00 |
| 18 | 700,00 |
| 19 | 700,00 |
| 20 | 700,00 |

Fuente: Elaboración Propia

En el Año 10 se está considerando la reposición de los Reguladores y Baterías.

Flujo Neto Efectivo

Tabla 39

Flujo Neto Efectivo

| FLUJO DE EFECTIVO NETO | |
|------------------------|-----------|
| Año | Valor |
| 0 | -40163,43 |
| 1 | 1534,74 |
| 2 | 1553,53 |
| 3 | 1572,50 |
| 4 | 1591,64 |
| 5 | 1610,95 |
| 6 | 1630,43 |
| 7 | 1650,10 |
| 8 | 1669,94 |
| 9 | 1689,96 |
| 10 | -6890,83 |
| 11 | 1730,56 |
| 12 | 1751,13 |
| 13 | 1771,89 |

| | |
|----|---------|
| 14 | 1792,85 |
| 15 | 1813,99 |
| 16 | 1835,32 |
| 17 | 1856,85 |
| 18 | 1878,58 |
| 19 | 1900,50 |
| 20 | 1922,62 |

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del VAN, TIR.

| | |
|------------|-----------|
| VNA | -30586,74 |
| TIR | -4% |

El VNA es negativo y el TIR es menor que el 12% por lo tanto el proyecto no es económicamente viable.

B. Análisis considerando el subsidio del Estado

Pero ahora realizaremos la evaluación económica considerando que la inversión inicial lo otorga el Estado sin esperar la recuperación, considerando su rol subsidiario, y únicamente consideramos la inversión que se requiere en el año 10 por reposición de baterías y reguladores.

Entonces para ello consideramos los siguientes datos:

| Formulación de datos | |
|----------------------|---------|
| n = | 20 |
| lo= | 8601,00 |
| i= | 12% |

Ingresos por año

Tabla 38
Ingresos por año

| FLUJO DE INGRESOS | | | |
|-------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|
| Año | Consumo de Energía (kW h) | Costo kWh S/. | Flujo de Ingresos S/. |
| 0 | | | |
| 1 | 2543,13 | 0,879 | 2234,74 |
| 2 | 2564,52 | 0,879 | 2253,53 |
| 3 | 2586,11 | 0,879 | 2272,50 |
| 4 | 2607,89 | 0,879 | 2291,64 |
| 5 | 2629,86 | 0,879 | 2310,95 |
| 6 | 2652,04 | 0,879 | 2330,43 |
| 7 | 2674,42 | 0,879 | 2350,10 |
| 8 | 2697,00 | 0,879 | 2369,94 |
| 9 | 2719,78 | 0,879 | 2389,96 |
| 10 | 2742,78 | 0,879 | 2410,17 |
| 11 | 2765,98 | 0,879 | 2430,56 |
| 12 | 2789,39 | 0,879 | 2451,13 |
| 13 | 2813,02 | 0,879 | 2471,89 |
| 14 | 2836,86 | 0,879 | 2492,85 |
| 15 | 2860,92 | 0,879 | 2513,99 |
| 16 | 2885,20 | 0,879 | 2535,32 |
| 17 | 2909,70 | 0,879 | 2556,85 |
| 18 | 2934,42 | 0,879 | 2578,58 |
| 19 | 2959,37 | 0,879 | 2600,50 |
| 20 | 2984,55 | 0,879 | 2622,62 |

Fuente: Elaboración Propia

Egresos por Año

Tabla 39
Costos de Operación y Mantenimiento

| COSTOS DE OPERACIÓN | Período | Sueldo x Mant. S/. | Sueldo S/.año |
|--|--------------|-----------------------|------------------|
| Técnico de Mantenimiento | cada 6 meses | 350,00 | 700,00 |
| Total de Costo de Operación y Mantenimiento (S/.) | | | 700,00 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40
Flujo de Egresos

| FLUJO DE EGRESOS | |
|-------------------------|-------------------------|
| Año | Flujo de Egresos S/. |
| 0 | 0,00 |
| 1 | 0,00 |
| 2 | 0,00 |
| 3 | 0,00 |
| 4 | 0,00 |
| 5 | 0,00 |
| 6 | 0,00 |
| 7 | 0,00 |
| 8 | 0,00 |
| 9 | 0,00 |
| 10 | 8601,00 |
| 11 | 0,00 |
| 12 | 0,00 |
| 13 | 0,00 |
| 14 | 0,00 |
| 15 | 0,00 |
| 16 | 0,00 |
| 17 | 0,00 |
| 18 | 0,00 |
| 19 | 0,00 |
| 20 | 0,00 |

Fuente: Elaboración Propia

Flujo Neto Efectivo

Tabla 41
Flujo Neto Efectivo

| FLUJO DE EFECTIVO NETO | |
|-------------------------------|----------|
| Año | Valor |
| 0 | 0,00 |
| 1 | 2234,74 |
| 2 | 2253,53 |
| 3 | 2272,50 |
| 4 | 2291,64 |
| 5 | 2310,95 |
| 6 | 2330,43 |
| 7 | 2350,10 |
| 8 | 2369,94 |
| 9 | 2389,96 |
| 10 | -6190,83 |
| 11 | 2430,56 |
| 12 | 2451,13 |
| 13 | 2471,89 |
| 14 | 2492,85 |
| 15 | 2513,99 |
| 16 | 2535,32 |
| 17 | 2556,85 |
| 18 | 2578,58 |
| 19 | 2600,50 |
| 20 | 2622,62 |

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del VAN, TIR.

| | |
|------------|-----------------|
| VNA | 14805,31 |
| TIR | 37,06% |

El VNA resulta positivo y el TIR es mayor que el 12% por lo tanto el proyecto es económicamente viable.

ANEXO 09

Ubicación del Caserío Tolospampa

ANEXO 10

Planos y Láminas de Detalle