

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



Diseño de una minicentral solar fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica al caserío Reynosa, Túcume

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Aldo Jose Damian Panta

ASESOR

Jony Villalobos Cabrera

<http://orcid.org/0000-0003-3643-5498>

Chiclayo, 2023

**Diseño de una minicentral solar fotovoltaica para abastecer
de energía eléctrica al caserío Reynosa, Túcume**

PRESENTADA POR
Aldo Jose Damian Panta

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Luis Alberto Gonzales Bazán
PRESIDENTE

Lucio Antonio Llontop Mendoza
SECRETARIO

Jony Villalobos Cabrera
VOCAL

DISEÑO DE MINICENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LOS REYNOSA – TÚCUME

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	21%	1%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	www.scribd.com Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	1library.co Fuente de Internet	<1%
6	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	core.ac.uk Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Objetivos	12
1.1.1. Objetivo General	12
1.1.2. Objetivos Específicos	12
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes empíricos	13
2.1.1. Mundial	13
2.1.2. Nacional	14
2.2. Bases teórico científicas	17
2.2.1. Energía Renovable	17
2.2.2. Energía solar	17
2.2.2.1. Tipos de energía solar	17
2.2.3. Radiación solar	18
2.2.5. Efectos de la atmosfera sobre la radiación solar	19
2.2.6. Energía solar fotovoltaica	19
2.2.7. Energía solar en el Perú	19
2.2.8. Paneles Fotovoltaicos	23
2.2.9. Inversores	28
2.2.10. Reguladores	29
2.2.11. Baterías	30
2.2.12. Código Nacional de Electricidad	31
2.2.13. Conductores eléctricos de aluminio	31
2.2.14. Indicadores económicos	31
3. METODOLOGÍA	33
3.1. Tipo y nivel de investigación	33
3.1.1. Tipo	33
3.1.2. Nivel	33
3.2. Población y muestra	33
3.2.1. Población	33
3.2.2. Muestra	33
3.3. Operación de variables	34

3.3.1.	Matriz de operalización de variables.....	34
3.3.2.	Diagrama de Flujo.....	35
3.3.3.	Formulación de hipótesis	36
3.4.	Procesamiento y análisis de datos.....	37
3.4.1.	Matriz de consistencia.....	37
3.5.	Procesamiento de datos.....	38
3.5.1.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.5.2.	Procedimiento para el desarrollo de los objetivos específicos.....	38
3.6.	Justificación de la investigación	39
3.6.1.	Justificación tecnológica	39
3.6.2.	Justificación social	39
3.6.3.	Justificación ambiental.....	39
3.6.4.	Justificación económica	39
4.	RESULTADOS	40
4.1.	Máxima demanda requerida por los pobladores del caserío.....	40
4.2.	Proyección a 20 años para el caserío	40
4.3.	Consumo de energía diaria (Wh/día).....	41
4.3.1.	Abonados Domésticos.....	42
4.3.1.	Abonado de uso general, Capilla.....	42
4.3.2.	Abonado general, Colegio.....	42
4.4.	Alumbrado Público	43
4.4.1.	Cálculo del consumo mensual de alumbrado público (CMAP).....	43
4.4.2.	Cálculo de Puntos de Iluminación	43
4.6.	Consumo en los primeros 20 años	44
4.6.1.	Consumo de Abonados Domésticos	44
4.6.2.	Consumo de Abonado de Uso General.....	45
4.6.3.	Consumo de Alumbrado Público.....	46
4.7.	Máxima demanda total.....	46
4.8.	Cuantificación de la irradiación solar del caserío.....	48
4.8.1.	Irradiación solar diaria en kWh/m ²	50
4.9.	Selección de equipos para la minicentral.....	51
4.9.1.	Módulos fotovoltaicos.....	51
4.9.2.	Número de paneles solares.....	52
4.9.3.	Paneles que deben ser conectados en serie y paralelo.....	54

4.9.4.	Ángulo de inclinación	55
4.9.5.	Distancia mínima entre módulos fotovoltaicos	55
4.9.6.	Selección del regulador	57
4.9.7.	Selección del inversor	59
4.9.8.	Selección de baterías	60
4.9.9.	Baterías en serie por grupo.....	61
4.9.10.	Baterías en paralelo por grupo	61
4.9.11.	Número total de baterías	62
4.9.12.	Selección de conductores de instalación	63
4.9.13.	Plano de conexión de equipos	66
4.10.	Diseño de red de distribución de baja tensión.....	67
4.11.	Normas y códigos considerados.....	67
4.12.	Parámetros estimados.....	67
4.12.1.	Distancias mínimas de seguridad – relevantes.....	68
4.12.2.	Postes de Concreto	68
4.12.3.	Luminarias.....	68
4.12.4.	Retenidas	69
4.12.5.	Cálculo mecánico de conductores	70
4.12.6.	Cálculo eléctrico.....	75
4.12.7.	Plano de distribución.....	77
4.13.	Análisis económico	78
4.13.1.	Metrado y presupuesto de equipos de la minicentral	78
4.13.2.	Metrado y presupuesto de red secundaria	78
4.13.3.	Metrado y presupuesto de instalación y conexión de equipos	80
4.13.4.	Metrado y presupuesto del montaje de la red secundaria.....	80
4.13.5.	Resumen general	81
5.	CONCLUSIONES	85
6.	RECOMENDACIONES.....	86
7.	BIBLIOGRAFÍA	87
	ANEXOS	89

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Funcionamiento de la energía solar	177
Ilustración 2 Mapa de radiación solar del Perú	18
Ilustración 3 Partes de un panel fotovoltaico.....	23
Ilustración 4 Estructura de una célula fotovoltaica	23
Ilustración 5 Conexión en paralelo de paneles	255
Ilustración 6 Conexión en serie de paneles	25
Ilustración 7 conexión en serie/paralelo de paneles	25
Ilustración 8 Estructura de la célula fotovoltaica transparente	266
Ilustración 9 Edificio Copenhagen International School, Dinamarca	266
Ilustración 10 Células solares (izquierda) frente a células termoradiativas (derecha) ...	27
Ilustración 11 Células fotovoltaicas funcionando en la noche	277
Ilustración 12 Regulador PWM.....	29
Ilustración 13 Regulador MPPT	29
Ilustración 14 Conductor de aluminio	31
Ilustración 15 Diagrama de flujo	35
Ilustración 16 Evolución de la población censada urbana y rural (1940-2017)	40
Ilustración 17 Consumo de electricidad por artefacto	41
Ilustración 18 Energía solar incidente diaria	48
Ilustración 19 Ubicación satelital del caserío	49
Ilustración 20 Distribución de las viviendas.....	49
Ilustración 21 Gráfico de irradiación solar	50
Ilustración 22 Panel fotovoltaico modelo TSM-DE18M(II)	52
Ilustración 23 Ficha técnica del panel fotovoltaico modelo TSM-DE18M(II)	53
Ilustración 24 Distancias mínimas entre paneles.....	55
Ilustración 25 Distancias mínimas entre paneles.....	56
Ilustración 26 Regulador marca AMPINVT, modelo AP-120A	58
Ilustración 27 Ficha técnica del Regulador marca AMPINVT, modelo AP-120 A	58
Ilustración 28 Inversor marca QUATTRO, modelo 48/8000/110-100/100	60
Ilustración 29 Ficha técnica del Inversor marca QUATTRO, modelo 48/8000/110-100/100	60
Ilustración 30 acumulador de batería de la marca Sunlight, modelo 12 OPzS 1500	62
Ilustración 31 Ficha técnica de acumulador de batería SUNLIGHT, modelo 12 OPzS 1500	63
Ilustración 32 Caída de tensión por tramo de la instalación fotovoltaica.....	64
Ilustración 33 Plano de conexión de equipos de la minicentral	66
Ilustración 34 Conductor de Aluminio Cubierto AAAC 1x25.....	70
Ilustración 35 Parámetros y factores de caída de tensión para cables autoportantes	70
Ilustración 36 Ficha técnica de portantes de aleación de aluminio	71
Ilustración 37 Ficha técnica de Conductor de Aluminio Cubierto AAAC 1x25.....	71
Ilustración 38 Plano de distribución de red de baja tensión	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Principales características de la central solar Majes.....	20
Tabla 2 Principales características de la central solar Tacna.....	21
Tabla 3 Principales características de la central solar Rubí.....	22
Tabla 4 Tipos de paneles fotovoltaicos	24
Tabla 5 Tipos de inversores.....	28
Tabla 6 Tipos de baterías.....	30
Tabla 7 Matriz de operalización de variables	34
Tabla 8 Matriz de operalización de variables	34
Tabla 9 Formulación de hipótesis.....	36
Tabla 10 Matriz de consistencia	37
Tabla 11 Número total de población en el departamento de Lambayeque	40
Tabla 12 Potencia de los electrodomésticos	42
Tabla 13 Consumo de electricidad en la capilla	42
Tabla 14 Consumo de electricidad en el colegio.....	42
Tabla 15 Factores KALP según SDT	43
Tabla 16 Indicadores para el cálculo de consumo	44
Tabla 17 Consumo de AD dentro de 20 años	45
Tabla 18 Consumo de AUG dentro de 20 años	45
Tabla 19 Consumo de AP dentro de 20 años.....	46
Tabla 20 Consumo total y máxima demanda en los primeros 20 años	47
Tabla 21 Irradiación solar del caserío por cada mes del año.....	50
Tabla 22 Esfuerzos en Hipótesis 2	74
Tabla 23 Esfuerzo en Hipótesis 3	74
Tabla 24 Caídas de tensión.....	76
Tabla 25 Costos de equipos de la minicentral	78
Tabla 26 Costos de materiales de red secundaria	79
Tabla 27 Costos de instalación y conexión de equipos	80
Tabla 28 Costos de montaje de red secundaria.....	80
Tabla 29 Resumen general de costos de la minicentral.....	81
Tabla 30 Cálculo del LCOE	82
Tabla 31 Cálculo de VAN y TIR.....	84

RESUMEN

El caserío Los Reynosa, el cual se encuentra en el distrito de Túcume, departamento de Lambayeque, zona rural que cuenta 45 viviendas en donde los pobladores se dedican principalmente a la agricultura y crianza de animales de granja. La mayoría de las viviendas ubicadas en esta zona no cuentan con servicio de electricidad y tienen poca iluminación pública.

Debido a lo anterior mencionado, el presente trabajo de tesis propone un diseño de minicentral solar fotovoltaica para abastecer de electricidad a este caserío. Se obtuvo que la máxima demanda energética de los pobladores es de 56,93 kW/día y la irradiación del lugar, según la base de datos satelitales de la NASA, tiene un promedio de 5,58 kWh/m² al día.

Se dimensionó la minicentral solar fotovoltaica la cual tiene un área de 150 m², posteriormente se procedió al cálculo y selección de equipos, un total de 36 paneles fotovoltaicos, 16 baterías, 2 reguladores de carga y 2 inversores. Para el diseño de la red de baja tensión, se seleccionó el conductor AAAC 1x25 y 24 postes de concreto, asimismo se calculó los esfuerzos, vano del conductor (34 m), flecha máxima (0,16 m) y caída de tensión ($\Delta V\%_{m\acute{a}x}$: 6,5).

El análisis económico realizado indica que el costo de inversión total del proyecto es de S/ 249 417,1. Con los indicadores económicos se obtuvo: VAN: S/ 26 055,88 y TIR: 14%; lo que hace viable el proyecto.

Palabras clave: Minicentral fotovoltaica, irradiación solar, máxima demanda, generación.

ABSTRACT

The Los Reynosa farmhouse, which is located in the district of Tucume, department of Lambayeque, a rural area that has 45 houses where the inhabitants dedicate themselves mainly to agriculture and raising farm animals. Most of the homes located in this area do not have electricity service and have little public lighting.

Due to the aforementioned, the present thesis work proposes a design of a mini solar photovoltaic power station to supply electricity to this hamlet. It was obtained that the maximum energy demand of the inhabitants is 56,93 kW/day and the irradiation of the place, according to the NASA satellite database, has an average of 5,58 kWh/m² per day.

The photovoltaic mini solar plant, which has an area of 150 m², was dimensioned, later the calculation and selection of equipment was carried out, a total of 36 photovoltaic panels, 16 batteries, 2 charge regulators and 2 inverters. For the design of the low voltage network, the AAAC 1x25 conductor and 24 concrete poles were selected, as well as the efforts, conductor span (34 m), maximum arrow (0.16 m) and voltage drop ($\Delta V\%_{m\acute{a}x}$: 6,5).

The economic analysis carried out indicates that the total investment cost of the project is S/ 249 417,1. With the economic indicators it was obtained: VAN: S/ 26 055,88 and TIR: 14%; what makes the project viable.

Keywords: Mini photovoltaic plant, solar irradiation, maximum demand, generation.

1. INTRODUCCIÓN

La naturaleza del hombre lo ha llevado a forjar variables como el crecimiento y el desarrollo de los países, sin embargo, asociado a esto, se han generado daños ambientales que hoy en día son irreparables, creando un síntoma de preocupación en la población global, ya que se evidencia que el ambiente siempre ha estado ligado a la evolución de la humanidad, por ello se han canalizado esfuerzos en la creación de nuevas tecnologías que reduzcan el deterioro ambiental. Realidades como el crecimiento poblacional, conllevarán a que la demanda energética crezca, haciendo indispensable planear la producción de energía eléctrica con enfoque ambiental, usando avances tecnológicos a favor de mejorar la calidad de vida de la población. [1]

“Ante esto que se mencionó, la ingeniería traza metodologías donde los diseños pretenden analizar el entorno donde se construye teniendo en consideración elementos climatológicos, se utilizan elementos naturales como táctica, y el uso de materiales de la región apropiados para lograr ambientes placenteros con un exiguo consumo de energía artificial”. [2]

Una alternativa es generar energía por medio de paneles fotovoltaicos, o también llamada energía solar, esta radica en transformar directamente la irradiación solar en electricidad. Esto se puede conseguir con las propiedades de los materiales semiconductores con el uso de las células fotovoltaicas. El cual su material es el silicio. Cuando los rayos del Sol (fotones) incurre en las caras de la célula produce electricidad que se puede usar como fuente de energía alternativa. [3]

Según El Atlas de la Energía Solar del Perú, el cual está elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, estima que el Perú posee una buena irradiación solar, sobre todo en la costa del país, de 5 a 6 kWh/m². Estas cantidades de irradiación solar nos da a entender el alto potencial que se le puede sacar provecho a la energía solar fotovoltaica y así poder generar energía limpia para todos los peruanos. [4]

Sumado a eso, de acuerdo a los datos del INE, al menos un 21,5% de las zonas rurales de la zona costa norte del Perú no cuentan con energía eléctrica. [5] Este es el caso de una gran parte de los pobladores del caserío Los Reynosa, el cual está situado en el distrito de Túcume, provincia de Lambayeque, región Lambayeque, donde hay aproximadamente

más de 46 viviendas, la mayoría no poseen servicio de energía eléctrica y gran parte de la zona no cuenta con una buena iluminación, esta tiende a fallar algunas veces, lo cual hace difícil la vida nocturna y una difícil evacuación en caso de alguna emergencia. Por lo tanto, esta investigación tiene como finalidad diseñar una minicentral solar fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica al caserío Los Reynosa – Túcume, esta zona tiene una irradiación solar de 5,58 kWh/m² anual, esta suele llegar hasta 6,66 kWh/m² en los meses de verano, según datos satelitales de la NASA.

¿Se podrá generar energía con el diseño de una minicentral solar fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica al caserío Los Reynosa - Túcume?

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Diseñar una minicentral fotovoltaica para la generación de energía eléctrica y abastecer de energía eléctrica a la población del caserío Los Reynosa – Túcume.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar la máxima demanda energética de los pobladores del caserío para consumo propio y alumbrado público.
- Calcular la irradiación solar de la zona por medio del software RETSCREEN y el Atlas solar del Perú.
- Seleccionar los equipos necesarios para el diseño de la minicentral solar fotovoltaica.
- Diseñar la red de distribución de baja tensión.
- Evaluar económicamente el diseño propuesto, utilizando los indicadores económicos TIR, VAN.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes empíricos

2.1.1. Mundial

a)

Título: “Diseño de una Mini central solar Fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2,7kWp, para electrificar la comunidad de La Fortuna- MiraFlor Moropotente, Estelí”

País: España

Autor: Juana Karelia Tercero Ubau

Año: 2018

Objetivo: Diseñar una minicentral fotovoltaica, la cual está dirigida a beneficiar a la comunidad de La Fortuna, proporcionando energía eléctrica con fuentes de energía renovable y así evitar daños al lugar que pertenece a un área protegida, con esto se espera mejorar la calidad de vida actual de los pobladores sin afectar a las generaciones futuras.

Método: Los habitantes tienen una demanda de 7,11 kWh/día, esto se halló con la realización de un cuadro de cargas con la lista de artefactos electrónicos, la luminaria y la potencia que consumida que tiene cada vivienda. La zona tiene una radiación diaria promedio de entre 4,11-4,8 kWh/m².

Resultados: La minicentral solar fotovoltaica genera una energía de 11 097Wh con una potencia de 2 700W, lo cual es suficiente para la comunidad beneficiaria ya que se requerían 7 110,5Wh.

Correlación: En ambas investigaciones se quiere diseñar una minicentral fotovoltaica, sin embargo, para este trabajo se requiere una mayor generación de energía y una mayor potencia diaria, debido a que el caserío beneficiado tiene más de 40 casas.

2.1.2. Nacional

a)

Título: “Estudio de Factibilidad para la Construcción de Minicentral Fotovoltaica Autónoma en el Caserío Sogoron – Cajamarca”

País: Perú

Autor: Acosta Morillo, Luis Jamer

Año: 2018

Objetivo: Determinar la factibilidad Estudio Para La Construcción De Mini central Fotovoltaica Autónoma en el Caserío Sogoron – Cajamarca

Método: Diseño no experimental: estudio descriptivo

Resultados: La irradiación solar diaria del caserío es de 5,2 kW/h, la minicentral obtiene una energía diaria de 44kWh con una potencia de 11kW, lo cual es suficiente para proveer de energía eléctrica al caserío.

Correlación: en ambas investigaciones se busca evaluar la factibilidad del diseño de una minicentral solar fotovoltaica, sin embargo, en esta tesis la M.D. de las viviendas del caserío fue un aproximado; mientras que, en la tesis propuesta, el estudio de la M.D. se detallará por medio de un cuadro de cargas, esto también influye a la hora de hacer el estudio económico.

b)

Título: “Diseño de un sistema solar fotovoltaico tipo aislado para bombear agua para uso agrícola en el caserío el Almendral ubicado en el distrito de Choros, Cutervo – Cajamarca”

País: Perú

Autor: Ramón Juvenal Monteza Mego

Año: 2019

Objetivo: Diseñar un sistema solar fotovoltaico tipo aislado para bombear agua para uso agrícola en el caserío el Almendral ubicado en el distrito de Choros en la provincia de Cutervo perteneciente al departamento de Cajamarca.

Método: La zona cuenta con una irradiación solar de 4,47kWh/m² al día, la cual se estimó por medio de datos satelitales proporcionados por la NASA.

Resultados: a partir del diseño fotovoltaico con un número total de 16 paneles solares se obtiene una potencia de 2,89 kW con una generación de energía de 39,12 kWh, lo cual es suficiente para el bombeo de agua.

Correlación: en ambas investigaciones se quiere diseñar un sistema solar fotovoltaico, sin embargo, a diferencia de esta investigación, no se busca el bombeo de agua sino para abastecer de energía eléctrica a las viviendas del caserío “Los Reynosa” – Túcume para sus actividades diarias y para la iluminación pública de la zona.

c)

Título: “Diseño de un sistema fotovoltaico estándar para alimentación con energía eléctrica a viviendas en el Distrito de Sanagoran – Sánchez Carrión -2017”

País: Perú

Autor: Rivera Vizcarra, Gustavo Carlos

Año: 2017

Objetivo: Diseñar un sistema fotovoltaico estándar para alimentación con energía eléctrica a viviendas en el Distrito de Sanagoran – Sánchez Carrión

Método: por medio de datos satelitales de la NASA se obtuvo el valor de irradiación solar diaria de la zona, la cual es de 5,19 kWh/m² y por medio de un cuadro de cargas se estimó que los pobladores necesitan 0,972 kWh al día.

Resultados: con 4 paneles solares se obtuvo una potencia de 1036,21 W con una generación de energía eléctrica de 2072,42Wh, lo cual es suficiente para la comunidad beneficiaria, teniendo en cuenta que se hizo con una proyección de 5 años.

Correlación: en ambas investigaciones se quiere diseñar una minicentral fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica a un caserío, sin embargo, para esta investigación propuesta se requiere una mayor generación de energía y una mayor potencia.

2.2. Bases teórico - científicas

2.2.1. Energía Renovable

Las energías renovables provienen de fuentes de energía limpias e inagotables, estas cuentan con la principal característica de no producir emisiones contaminantes ni gases de efecto invernadero (GEI), las cuales son causantes del cambio climático. Son abundantes y se pueden ser aprovechadas en cualquier parte del mundo, como el viento, el sol, el mar, la materia orgánica, etc. En la actualidad, esta energía juega un papel importante para hacer frente al impacto ambiental. [6]

2.2.2. Energía solar

Este tipo de energía es renovable, esta se adquiere directamente de la radiación solar por medio de paneles solares y estos a su vez lo transforman esta radiación de los rayos del sol en electricidad.

La luz solar cae sobre los paneles, estos producen un diferencial de potencial eléctrico entre ambos lados haciendo que los electrones se muevan en diferentes direcciones, generando de esta manera la corriente eléctrica. [7]

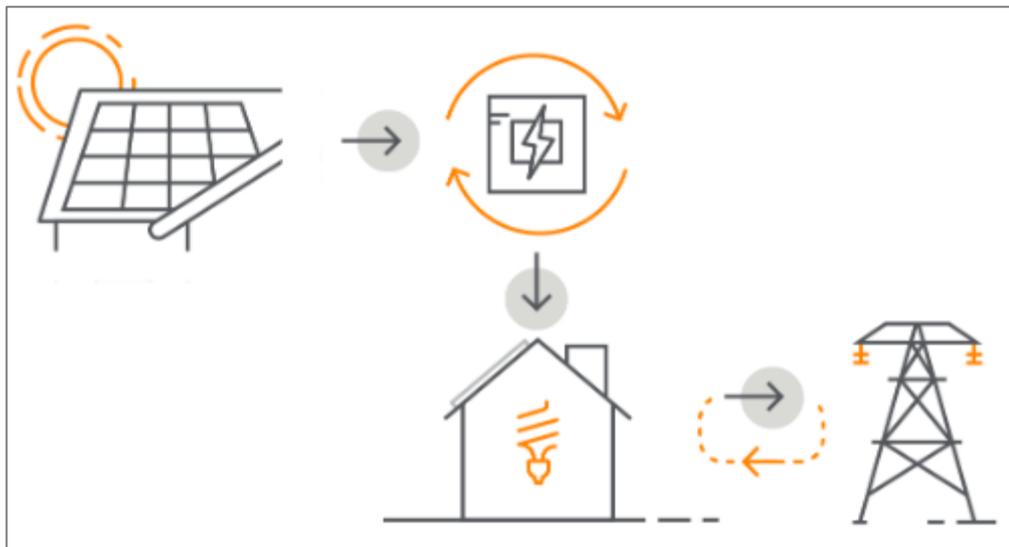


Ilustración 1 Funcionamiento de la energía solar
Fuente: (vivant.solar, 2022)

2.2.2.1. Tipos de energía solar

- **Energía solar térmica:** transforma la energía solar en energía térmica para calentar un fluido
- **Energía solar fotovoltaica:** esta usa paneles solares para transformar la luz solar en electricidad

2.2.3. Radiación solar

Esta la emite el sol, se propaga en cualquier dirección mediante ondas electromagnéticas. El sol emite radiación llamada de onda corta, posteriormente de pasar por la atmosfera, donde esta tiene un proceso de debilitamiento debido a la difusión, reflexión de las nubes y de la absorción por moléculas de gases (vapor de agua, ozono) y por partículas de suspensión, esta alcanza la superficie terrestre. La cantidad de radiación que impregnó la superficie se devuelve al espacio en radiación de onda larga, la cual trasfiere calor a la atmósfera. La radiación puede ser usada como fuente de generación de energía, esta se mide en W/m^2 . [8]



Ilustración 2 Mapa de irradiación solar en el Perú
Fuente: (SOLARGIS, 2022)

2.2.4. Tipos de radiación solar

- **Radiación solar directa:** aquella que traspasa la atmosfera y alcanza la superficie terrestre sin sufrir ningún tipo de dispersión.
- **Radiación solar difusa:** aquella que traspasa la atmosfera y llega a la superficie terrestre luego de sufrir desviaciones en su trayectoria (como los gases, polvo)
- **Radiación solar reflejada:** aquella que en menor medida es reflejada por superficie terrestre, a este fenómeno también se le llama efecto albedo. [8]

2.2.5. Efectos de la atmosfera sobre la radiación solar

Esta radiación antes de llegar a la tierra, se perturba por aire, polvo, vapor de agua, aerosoles, etc. que se localizan en la atmosfera, los efectos causados son: [9]

- **Reflexión:** nubes
- **Absorción:** oxígeno, CO₂, vapor de agua, ozono
- **Difusión:** aerosoles, polvo

2.2.6. Energía solar fotovoltaica

Este tipo de energía es renovable, la cual utiliza la radiación solar para posteriormente generar energía eléctrica. Se basa en el efecto fotoeléctrico, este determina los materiales que son absorben fotones y liberar electrones, esto genera electricidad.

Existen 2 tipos de sistemas solar fotovoltaicos: aislados, los cuales se sustentan por sí solos la demanda eléctrica que necesita, y conectados a la red eléctrica. [8]

2.2.7. Energía solar en el Perú

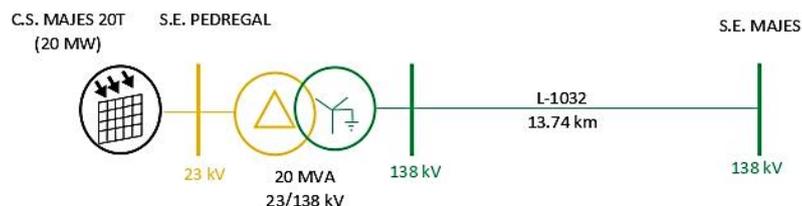
Nuestro país cuenta con los recursos suficientes como para la implementación centrales de energías renovables, en este caso como la energía proveniente del sol. Actualmente en el Perú hay en funcionamiento 8 parques o plantas solares fotovoltaicas con hasta 284,48 MWp de potencia instalada conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). [10]

2.2.7.1. Principales centrales solares fotovoltaicas del Perú

• Central Majes Solar:

Conformada por un total de 55 704 módulos fotovoltaicos y cuenta con una irradiación promedio de 724 W/m². [10]

UBICACIÓN Departamento Provincia Distrito Altitud	Arequipa Caylloma Majes 1 680 msnm
DATOS TÉCNICOS Potencia instalada Cantidad de módulos Cantidad de centros de transformación Factor de planta	20 MW 55 704 16 (1 250 kW c/u) 21.5%
DATOS DE CONTRATO Puesta en operación Energía anual ofertada Precio de la energía ofertada Inversión	31/10/2012 37 630 MWh 0.22 \$/kWh \$76.3 MM de USD



Esquema Unifilar de la Central de Generación Majes



Ilustración: C.S. Majes y ubicación

Fuente: OSINERGMIN

Tabla 1 Características de la Central Majes

Fuente: OSINERGMIN

• **Central Tacna Solar:**

Conformada por un total de 74 988 módulos fotovoltaicos de 290 Wp c/u. [10]

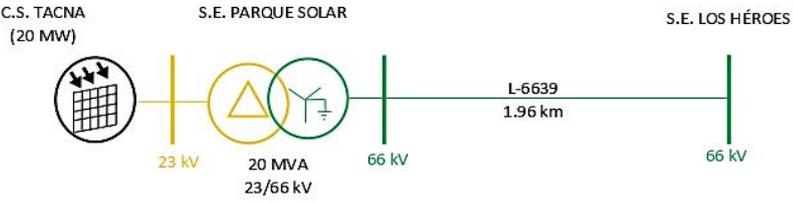
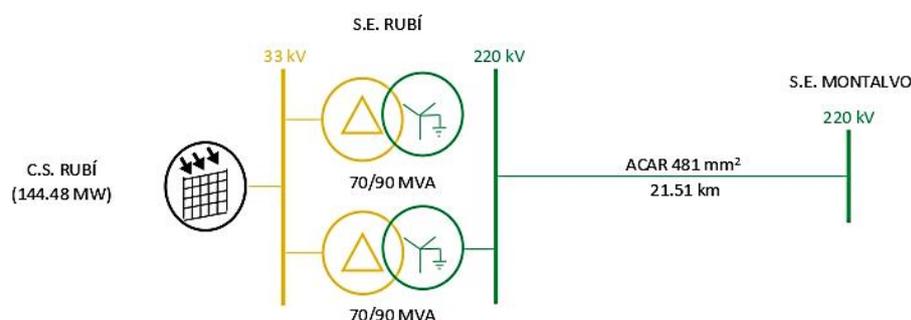
UBICACIÓN Departamento Provincia Distrito Altitud	Tacna Tacna Tacna 560 msnm
DATOS TÉCNICOS Potencia instalada Cantidad de módulos Cantidad de centros de transformación Factor de planta	20 MW 74 988 16 (1 250 MW c/u) 26.9%
DATOS DE CONTRATO Puesta en operación Energía anual ofertada Precio de la energía ofertada Inversión	31/10/2012 47 196 MWh 0.225 \$/kWh \$94.6 MM de USD
<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Esquema Unifilar de la Central de Generación Tacna</p> </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Ilustración: C.S. Tacna y ubicación Fuente: OSINERGMIN</p>	

Tabla 2 Características de la Central Tacna
 Fuente: OSINERGMIN

• **Central Rubí Solar:**

Está ubicada en Moquegua y está conformada por un total de 560 880 módulos fotovoltaicos de 320 W. [10]

UBICACIÓN Departamento Provincia Distrito Altitud	Moquegua Mariscal Nieto Moquegua 1 410 msnm
DATOS TÉCNICOS Potencia instalada Cantidad de módulos Cantidad de centros de transformación	144.48 MW 560 880 41
DATOS DE CONTRATO Puesta en operación Energía anual ofertada Precio de la energía ofertada Inversión	31/01/2018 415 000 GWh/año 47.98 \$/MWh \$165 MM de USD



Esquema Unifilar de la Central de Generación Rubí



Ilustración: C.S. Rubí y ubicación

Fuente: OSINERGMIN

Tabla 3 Características de la Central Rubí

Fuente: OSINERGMIN

2.2.8. Paneles Fotovoltaicos:

También llamadas placas solares, módulos fotovoltaicos o como mayormente se les conoce “paneles solares”, son un conjunto de células fotovoltaicas, las cuales absorben fotones de la luz solar y emite electrones los que posteriormente son capturados generando así electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. Están hechas principalmente por silicio. [11]

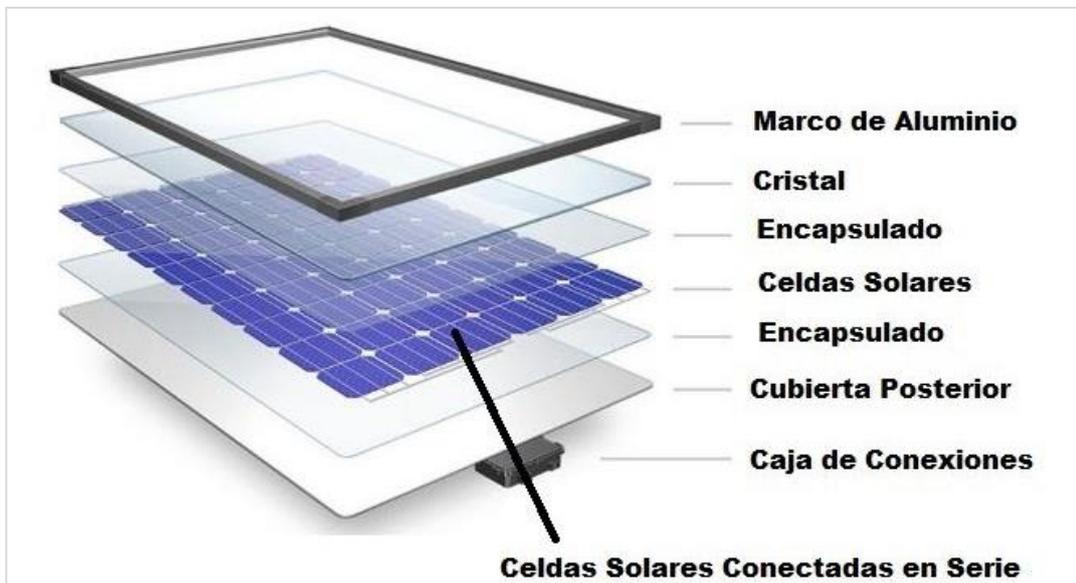


Ilustración 3 Partes de un panel fotovoltaico
 Fuente: (Área tecnológica, 2021)

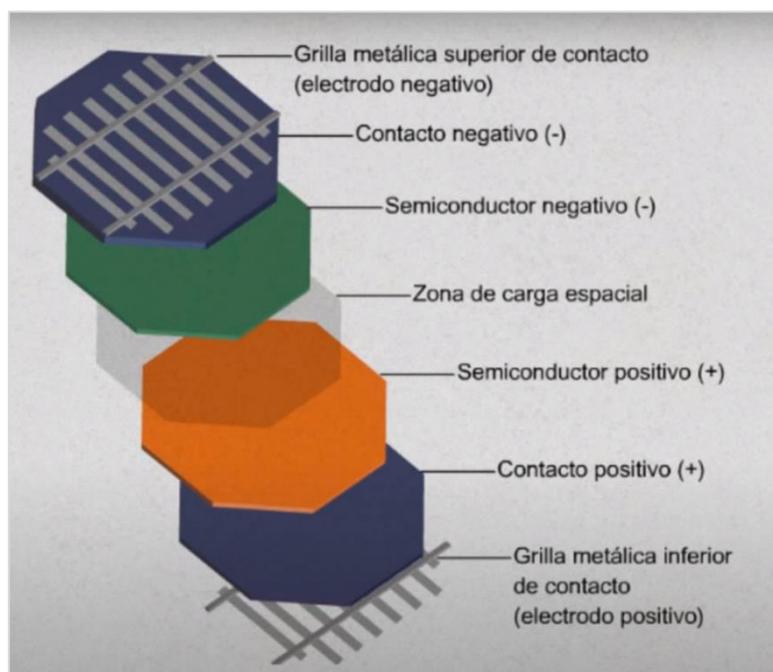


Ilustración 4 Estructura de una célula fotovoltaica
 Fuente: (Área tecnológica, 2021)

2.2.8.1. Tipos de paneles fotovoltaicos:

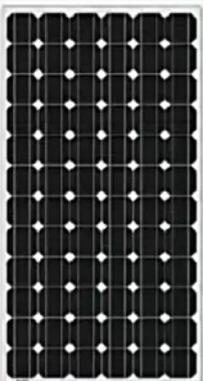
Células fotovoltaicas	Rendimiento comercial	Rendimiento laboratorio	Características
Monocrystalino 	17-20%	24%	<ul style="list-style-type: none"> • Están hechas de silicio • Las células fotovoltaicas están distribuidas de manera uniforme • Las células fotovoltaicas tienen forma redondeada en las esquinas • De mayor costo
Policristalino 	13-15%	19%	<ul style="list-style-type: none"> • Están hechas de silicio • Las células fotovoltaicas tienen forma cuadrada • Menor costo que los monocristalinos
Capa fina 	7-9%	13%	<ul style="list-style-type: none"> • Poseen menor eficiencia • Pueden estar hechas de silicio amorfo, telururo de cadmio, cobre, litio, galio y selenio • Son las de menor costo en todo el mercado

Tabla 4 Tipos de paneles fotovoltaicos
Fuente: elaboración propia

2.2.8.2. Conexión de paneles:

Hay 3 tipos de conexión para estos módulos, estos tipos se usan de acuerdo a lo que se necesite:

- **Serie:** aumenta tensión en el generador.
- **Paralelo:** aumenta corriente del generador.
- **Serie/paralelo:** sirve para aumentar tanto tensión como corriente del generador.

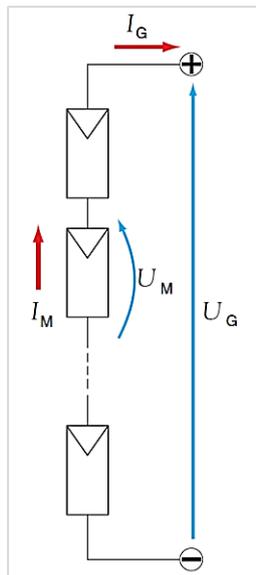


Ilustración 6 Conexión en serie
Fuente: Castejon, 1998

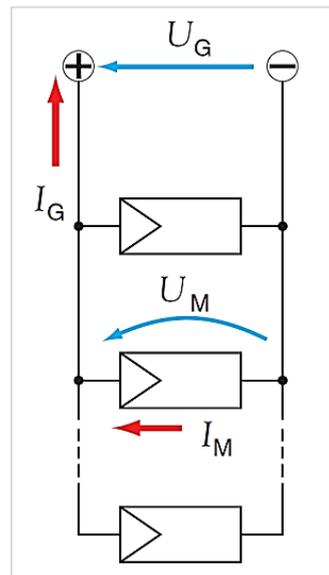


Ilustración 5 Conexión en paralelo
Fuente: Castejon, 1998

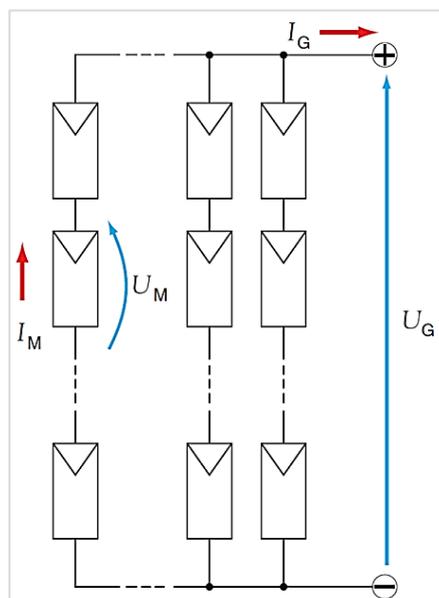


Ilustración 7 conexión en serie-paralelo
Fuente: Castejon, 1998

2.2.8.3. Nuevas tecnologías de paneles solares:

- **Paneles fotovoltaicos transparentes:** su principio es de utilizar las ventanas o cualquier superficie de vidrio como fuente de recolección de energía solar. Según sus creadores esta puede utilizarse en viviendas, edificios y hasta incluso en vehículos. La desventaja de esta tecnología, que aún está en desarrollo y mejoramiento, es que su eficiencia es muy baja, pobremente supera el 5%, a diferencia del 18-21% de los paneles convencionales. Se espera que para el año 2025 supere el 10%. [12]

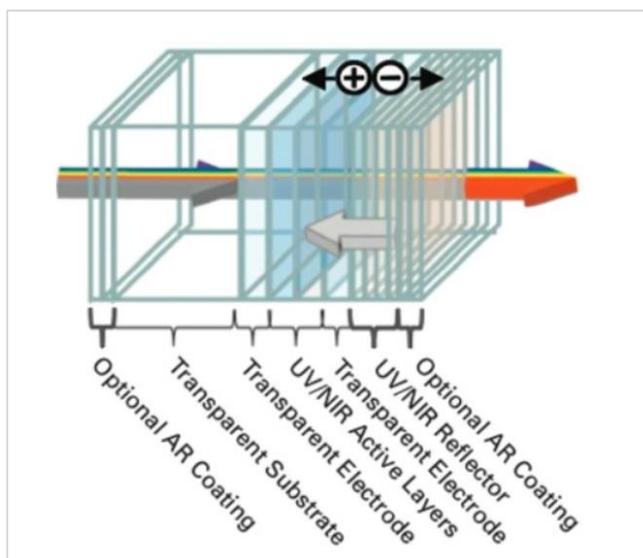


Ilustración 8 Estructura de la célula fotovoltaica transparente
Fuente: (Foro eléctricos, 2022)

Un ejemplo de aplicación de esta tecnología de generación eléctrica es el edificio Copenhagen International School, Dinamarca, el cual usa 12 000 paneles solares transparentes a lo largo de toda su estructura. Estos paneles generan 200 MWh anuales. [12]

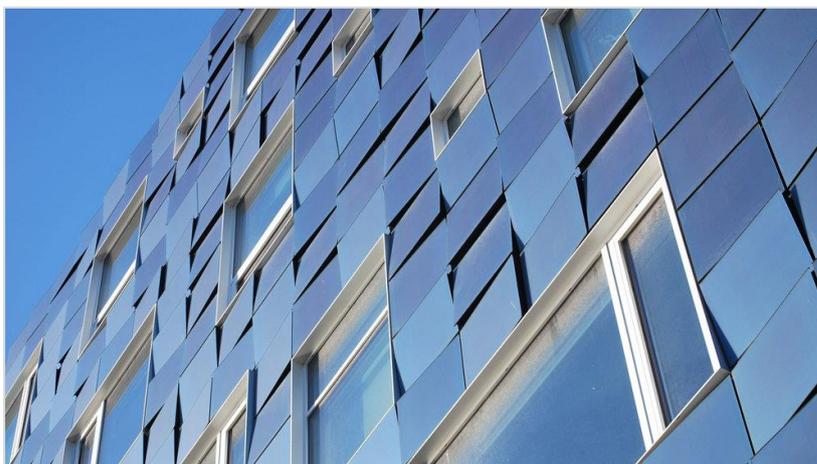


Ilustración 9 Edificio Copenhagen International School, Dinamarca
Fuente: (Foro eléctricos, 2022)

- Paneles fotovoltaicos que funcionan en la noche:** publicada en la revista Applied Physics Letters, se trata sobre paneles solares que almacenan energía durante el día y la noche, con esto se evade el uso de baterías, su funcionamiento se basa en la refrigeración radiativa (la radiación infrarroja o calor que sale para provocar una pequeña cantidad de energía) de los paneles para generar electricidad. En este artículo señalan que estos paneles pueden generar 50 mW/m^2 con el cielo nocturno despejado, con voltaje de circuito abierto de 100 mV . Según Jeremy Munday, ingeniero eléctrico de la universidad de California: "En estos nuevos dispositivos, cuando la luz se emite, la corriente y el voltaje van en la dirección opuesta, sin embargo, aún se genera energía". Si bien la generación de energía en la noche es muy poco, esto abre paso para futuras investigaciones y ampliar el mercado en energías renovables. [13]

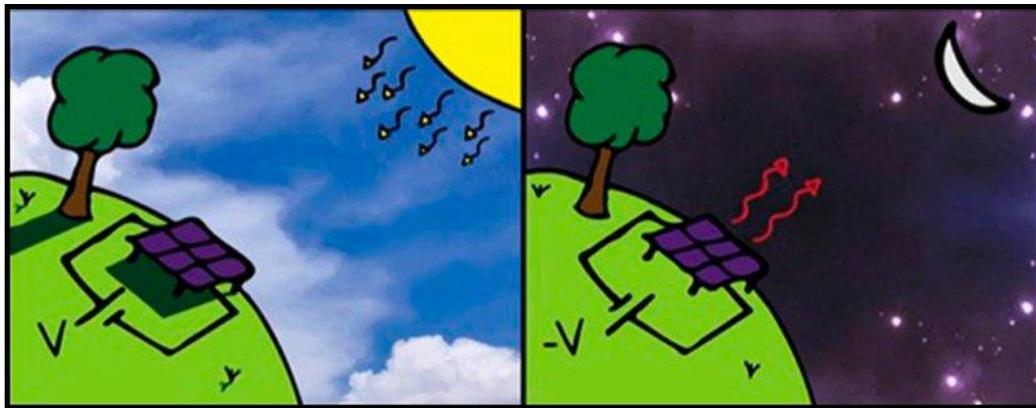


Ilustración 10 Células solares (izquierda) frente a células termoradiativas (derecha)
Fuente: (Sciencie alert, 2022)



Ilustración 11 Células fotovoltaicas funcionando en la noche
Fuente: (Sciencie alert, 2022)

2.2.9. Inversores

Su funcionamiento consiste en transformar energía generada por los paneles solares, corriente continua, en corriente alterna. Sus principales características son: [14]

- **Conversión de energía:** convierte corriente continua en corriente alterna.
- **Optimiza energía:** mejora el rendimiento.
- **Diagnóstico y seguridad:** sigue los pasos de la actividad eléctrica y alerta ante un problema.
- **Constante:** puede operar en cualquier condición climática.

Tipos	Características	Ventajas	Desventajas
<p>String o en cadena</p> 	<p>Inversor estándar, cada panel solar se conecta en serie y la energía generada se envía a un solo inversor</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Más económicos • Instalación eficiente • Más utilizados • Fácil mantenimiento • Fácil de encontrar 	<ul style="list-style-type: none"> • Si un panel se ve afectado por sombra, la potencia se ve reducida
<p>Microinversores</p> 	<p>También llamado inversor distribuido, ya que a diferencia del string, en este se coloca un inversor en cada placa solar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Más eficientes, si dos o más paneles tienen menos rendimiento este seguirá generando energía • Fácil detección de problema en los paneles 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos económicos que los string • Mantenimiento más costoso • Más pérdidas de calor • Se tiene que poner uno en cada panel
<p>Optimizador de potencia</p> 	<p>Complemento al inversor string. Este optimizador se instala en cada panel y envía la energía al inversor string</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación eficiente • Más económicos que los microinversores 	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporarlo hace más costosa la instalación

Tabla 5 Tipos de inversores
Fuente: Elaboración propia

2.2.10. Reguladores

Este dispositivo se encarga de registrar el flujo de energía que transita entre el campo fotovoltaico y el campo de baterías. Controla de manera constante la carga de las baterías y alargar su vida útil. [15]

2.2.10.1. Tipos de reguladores

- **Regulador PWM:** se usa para instalaciones pequeñas y en donde las distancias entre equipos son pequeñas. Como por ejemplo para paneles de 12v y 36 células o de 24v y 72 células. [15]



Ilustración 12 Regulador PWM
Fuente: (MONSOLAR, 2021)

- **Regulador MPPT:** se usan para instalaciones grandes en donde las distancias entre los paneles y el regulador es grande. Como para 4 o más paneles. [15]



Ilustración 13 Regulador MPPT
Fuente: (MONSOLAR, 2021)

2.2.11. Baterías

Dispositivos electroquímicos los cuales usan energía química para almacenar y/o liberar electricidad. Su función es almacenar la energía generada por la instalación fotovoltaica para poder utilizarla en las noches y conlleva a un menor consumo de energía. Tienen una vida útil promedio de 10 años. [16]

Tipo	Características	Ventajas	Desventajas
Ácido – plomo	Son baterías recargables. Tienen la característica de dar altas intensidades de corriente, por lo cual, sus celdas tienen una alta densidad de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo • Más usadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de energía baja • No acumula grandes cantidades de energía
Líquidas – electrolito líquido	Almacenan energía mediante combustible recargable compuesto de electrodos o nanopartículas	<ul style="list-style-type: none"> • Son económicas • Menos problemática a sobrecargas 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe el riesgo de perder líquido • Vida útil corta • A temperaturas bajas se pueden destruir
AGM	Las más modernas. En este tipo de baterías el ácido absorbe mejor y más rápido por placas de plomo de esta	<ul style="list-style-type: none"> • Larga vida útil • Resistencia abajas temperaturas • De ciclo profundo • Baja resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Más costosas

Tabla 6 Tipos de baterías
Fuente: Elaboración propia

2.2.12. Código Nacional de Electricidad

Conjunto de reglas para una correcta instalación, operación y mantenimiento. Apela a juicio y práctica profesional, respaldado por saberes de ingeniería. Este código se integra con las demás normas DGE. [17]

2.2.13. Conductores eléctricos de aluminio

Material que brinda baja resistencia a la circulación de la electricidad. Su principal empleo es conducir la electricidad desde un punto a otro. Existen varios tipos: cobre, oro, aluminio o plata.

- Conductor de aluminio: tiene una resistencia alta a la circulación eléctrica, es menos dúctil y ligero.



Ilustración 14 Conductor de aluminio
Fuente: Incable

2.2.14. Indicadores económicos

- **VAN:** Valor actual neto, sirve para determinar la viabilidad y rentabilidad de un proyecto, se halla con la siguiente fórmula: [18]

$$VAN = \sum \frac{FC_n}{(1 + TPD)^n}$$

Donde:

FC_n = flujo de caja para cada periodo

TPD = tasa de descuento

n = numero de periodos

Si $VAN < 0$: el proyecto no es rentable

Si $VAN > 0$: el proyecto es rentable y obtendrá ganancias

- **TIR:** Tasa interna de retorno, da la ganancia o pérdidas de un proyecto, se calcula con la siguiente fórmula: [18]

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

Fn = flujo de caja

n = número de periodos

I = inversión inicial

Si $TIR < r$: el proyecto no es viable

Si $TIR > r$: el proyecto es viable

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, debido a que se usaron conocimientos de la Ingeniería Mecánica Eléctrica para solucionar un tema en concreto el cual es la falta de electricidad en el caserío Los Reynosa

3.1.2. Nivel

Acorde a la estructura de la investigación dada, esta reúne característica de ser de nivel correlacional, ya que, mide el grado de relación entre variables.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población para este trabajo de investigación viene siendo los 159 pobladores del caserío Los Reynosa.

3.2.2. Muestra

El tipo de muestra para el presente trabajo de investigación es de no probabilístico.

3.3. Operación de variables

3.3.1. Matriz de operalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Diseño de una minicentral solar fotovoltaica	La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación de la irradiación solar en energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, el diseño de una minicentral solar fotovoltaica busca satisfacer las necesidades energéticas del caserío [6]	Con los datos brindados de la irradiación solar, junto con la tecnología de los paneles solares se generará energía eléctrica.	Energía eléctrica	IRRADIACIÓN SOLAR	kWh/m ²
				POTENCIA	kW
				POTENCIA DE PANELES	Wp

Tabla 7 Matriz de operalización de variables

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Generación de energía eléctrica	La energía eléctrica o electricidad es la energía que se origina de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, cuando se los pone en contacto mediante un transmisor eléctrico [7]	Con el número de viviendas que hay en el caserío y el número de electrodomésticos por hogar, se determinará la máxima demanda energética requerida por la población.	Máxima demanda energética	POTENCIA	kW

Tabla 8 Matriz de operalización de variables

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Diagrama de Flujo

La falta de energía eléctrica en las viviendas del caserío "Los Reynosa" hace que los pobladores no puedan llevar a cabo algunas de sus actividades diarias con normalidad

- Los pobladores del caserío, no cuentan en su totalidad con energía eléctrica
- Sumado a esta problemática, existe muy poca iluminación pública en la zona, lo cual dificulta la vida nocturna y esto genera inseguridad

- Cuantificar la máxima demanda energética de los pobladores del caserío para consumo propio y alumbrado público.
- Cuantificar la irradiación solar de la zona por medio del software RETSCREEN y el Atlas solar del Perú.
- Seleccionar los equipos necesarios para el diseño de la minicentral solar fotovoltaica.
- Diseñar la red de distribución de baja tensión.
- Evaluar económicamente el diseño propuesto, utilizando los indicadores económicos TIR, VAN.

Generar y abastecer de energía eléctrica con el diseño de la minicentral solar fotovoltaica al caserío Los Reynosa

- Con los datos conseguidos de las encuestas, se procedió a calcular el crecimiento poblacional del caserío dentro de 20 años, para posteriormente cuantificar la máxima demanda y consumo de los pobladores.
- Digitando las coordenadas del caserío en el software RETSCREEN, se cuantificó la irradiación solar del caserío.
- Teniendo el consumo y la máxima demanda, se calculó y seleccionaron los equipos necesarios para la minicentral, y se dibujó el plano de distribución de equipos.
- Se seleccionó el tipo y número de postes y conductor autoportante para la distribución de electricidad, se calcularon los esfuerzos, vano y flecha máxima de este último, y se dibujó el plano de distribución.
- Se cotizaron los equipos, materiales y montaje de la instalación para posteriormente calcular el VAN y TIR para saber si el proyecto es rentable.

Ilustración 15 Diagrama de flujo
Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Formulación de hipótesis

OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
<p>Diseñar una minicentral fotovoltaica para la generación y abastecimiento de energía eléctrica a la población del caserío Los Reynosa – Túcume</p>	<p>Si se realiza el diseño de una minicentral fotovoltaica, entonces, se logrará abastecer de energía eléctrica a todas las viviendas ubicadas en el caserío “Los Reynosa”</p>
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuantificar la máxima demanda energética de los pobladores del caserío para consumo propio y alumbrado público. 2. Cuantificar la irradiación solar de la zona por medio del software RETSCREEN y el Atlas solar del Perú. 3. Seleccionar los equipos necesarios para el diseño de la minicentral solar fotovoltaica. 4. Diseñar la red de distribución de baja tensión. 5. Evaluar económicamente el diseño propuesto, utilizando los indicadores económicos TIR, VAN. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si se evalúa la capacidad de generación de energía en base a la máxima demanda de los pobladores, entonces, se podrá establecer la potencia necesaria para que el diseño pueda abastecer de energía eléctrica a todas las viviendas del caserío. 2. Si se evalúa la irradiación solar de la zona usando el software RETSCREEN y el Atlas solar del Perú, entonces, se podrá saber si el proyecto es viable. 3. Si se seleccionan los equipos necesarios para el diseño de la minicentral, entonces, se escogerá la solución conceptual más idónea para el diseño. 4. Si se diseña la red de distribución de baja tensión, entonces, se podrá repartir la energía eléctrica a todas las viviendas. 5. Si se evalúa económicamente el proyecto con los indicadores económicos TIR y VAN, y de estos se obtienen valores mayores o iguales a cero, entonces, el diseño propuesto es viable.

Tabla 9 Formulación de hipótesis
Fuente: Elaboración propia

3.4. Procesamiento y análisis de datos

3.4.1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Se podrá generar energía con el diseño de una minicentral fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica al caserío Los Reynosa - Túcume?	Diseñar una minicentral fotovoltaica para la generación y abastecimiento de energía eléctrica a la población del caserío Los Reynosa – Túcume	Si se realiza el diseño de una minicentral fotovoltaica, entonces, se logrará abastecer de energía eléctrica a todas las viviendas ubicadas en el caserío “Los Reynosa”	VARIABLE INDEPENDIENTE Diseño de una minicentral solar fotovoltaica INDICADORES ✓ Irradiación solar ✓ Potencia ✓ Potencia de Paneles solares VARIABLE DEPENDIENTE Generación de energía eléctrica INDICADORES ✓ Potencia	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Tipo aplicada – correlacional. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS En esta investigación se usarán recolección de datos de la irradiación solar de la zona con el software RETSCREEN y de investigaciones relacionadas con la generación de energía solar fotovoltaica. POBLACIÓN Y MUESTRA La unidad de estudio es la población del caserío Los Reynosa
	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS		
	Cuantificar la máxima demanda energética de los pobladores del caserío para consumo propio y alumbrado público.	Si se evalúa la capacidad de generación de energía en base a la máxima demanda de los pobladores, entonces, se podrá establecer la potencia necesaria para que el diseño pueda abastecer de energía eléctrica a todas las viviendas del caserío.		
	Cuantificar la irradiación solar de la zona por medio del software RETSCREEN y el Atlas solar del Perú.	Si se evalúa la irradiación solar de la zona usando el software RETSCREEN y el Atlas solar del Perú, entonces, se podrá saber si el proyecto es viable.		
	Seleccionar los equipos necesarios para el diseño de la minicentral solar fotovoltaica	Si se seleccionan los equipos necesarios para el diseño de la minicentral, entonces, se escogerá la solución conceptual más idónea para el diseño.		
	Diseñar la red de distribución de baja tensión.	Si se diseña la red de distribución de baja tensión, entonces, se podrá repartir la energía eléctrica a todas las viviendas.		
	Evaluar económicamente el diseño propuesto, utilizando los indicadores económicos TIR y VAN	Si se evalúa económicamente el proyecto con los indicadores económicos TIR y VAN, y de estos se obtienen valores mayores o iguales a cero, entonces, el diseño propuesto es viable		

Tabla 10 Matriz de consistencia

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procesamiento de datos

3.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Se realizó encuestas a los pobladores del caserío Los Reynosa, con el fin de conocer su estado energético, ya sea de consumo, de artefactos eléctricos que cuentan sus viviendas y de número de personas que viven.
- Instalación del software RETSCREEN para saber cuál es la irradiación solar de la zona donde se tiene pensado construir la minicentral.
- Revisión de catálogos de equipos de generación por energía solar (paneles, regulador, inversor, baterías).
- Estudio de las normas técnicas del CNE para la elaboración del diseño de red de baja tensión.
- Búsqueda de precios de equipos, materiales y montaje del proyecto.

3.5.2. Procedimiento para el desarrollo de los objetivos específicos

1^{er} objetivo: con los datos conseguidos de las encuestas, se procedió a calcular el crecimiento poblacional del caserío dentro de 20 años, para posteriormente cuantificar la máxima demanda y consumo de los pobladores.

2^{do} objetivo: digitando las coordenadas del caserío en el software RETSCREEN, se cuantificó la irradiación solar del caserío.

3^{er} objetivo: teniendo el consumo y la M.D., se calculó y seleccionaron los equipos necesarios para la minicentral, y se dibujó el plano de distribución de equipos.

4^{to} objetivo: se seleccionó el tipo y número de postes y conductor autoportante para la distribución de electricidad, se calcularon los esfuerzos, vano y flecha máxima de este último, y se dibujó el plano de distribución.

5^{to} objetivo: se cotizaron los equipos, materiales y montaje de la instalación para posteriormente calcular el VAN y TIR para saber si el proyecto es rentable.

3.6. Justificación de la investigación

El presente proyecto se justifica, ya que tiene como propósito el dar solución al problema de falta de energía eléctrica que existe en el caserío “Los Reynosa”, ya que con la electrificación de la zona se podría mejorar la calidad de vida de los pobladores en el ámbito económico, social, salud y seguridad. La problemática anteriormente mencionada se busca solucionar con el diseño de una minicentral solar fotovoltaica, porque en la zona en la que se pretende abastecer de electricidad tiene una buena irradiación solar, y así mismo impulsar el uso de energías renovables.

3.6.1. Justificación tecnológica

A nivel tecnológico, se justifica la producción de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos para abastecer de servicio eléctrico a los pobladores del caserío “Los Reynosa”. También se busca incentivar el uso de energías renovables para futuras investigaciones.

3.6.2. Justificación social

A nivel social, se justifica debido a que el servicio eléctrico contribuye a cubrir las principales necesidades básicas de los pobladores y mejorar la calidad de vida.

3.6.3. Justificación ambiental

A nivel ambiental, se justifica ya que el diseño de la minicentral fotovoltaica en el caserío no genera ningún tipo de contaminación, debido a que no emite gases contaminantes, dióxido de carbono (CO₂), ni ningún otro efecto negativo sobre el medio ambiente.

3.6.4. Justificación económica

A nivel económico, se justifica debido a que con el abastecimiento de energía eléctrica con la minicentral fotovoltaica los pobladores podrán realizar sus labores productivas, comerciales, crear negocios, entre otras con más normalidad

4. RESULTADOS

4.1. Máxima demanda requerida por los pobladores del caserío

Después de la visita realizada al caserío, se determinó que este cuenta con un número total de 43 viviendas, 1 capilla y 1 colegio. Tienen un total de población de 159 habitantes.

4.2. Proyección a 20 años para el caserío

Tasa de crecimiento poblacional anual del departamento de Lambayeque, según los datos del INEI es:

Año	Población (habitantes)		Tasa de crecimiento Promedio Anual
	Total	Rural	
1940	199 660	94 389	-
1961	353 657	130 830	2.8
1972	533 266	140 612	3.8
1981	708 820	155 811	3.2
1993	950 842	211 187	2.5
2007	1 142 757	227 634	1.3
2017	1 244 821	236 515	-

Tabla 11 Número total de población en el departamento de Lambayeque
Fuente: INEI

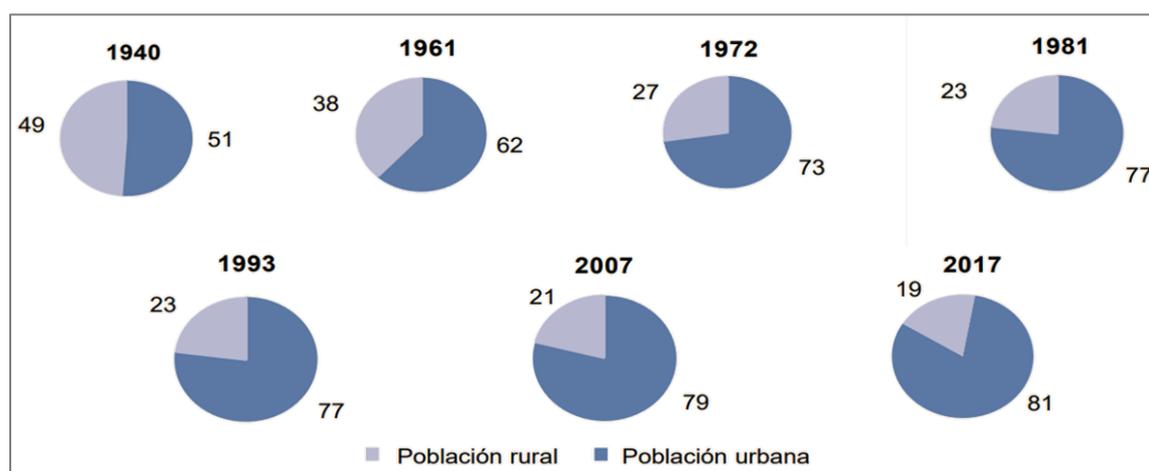


Ilustración 16 Evolución de la población censada urbana y rural (1940-2017)
Fuente: INEI

Según los datos del INEI del censo realizado en el año 2017, Túcume tiene un total de 23 095 habitantes, de los cuales el 19% provienen de zonas rurales. En total serían 4 388 personas que viven en zonas rurales.

Se considera un valor promedio de la tasa de crecimiento anual, un 1%. Con la ecuación, se determinará el crecimiento de la población en 20 años.

$$P_n = P_o * (1 + i)^n$$

Reemplazando datos en la ecuación, obtenemos:

$$P_{20} = 159 * (1 + 0,01)^{20}$$

$$P_{20} = 194 \text{ personas}$$

4.3. Consumo de energía diaria (Wh/día)

¿Cuánto consumen los artefactos eléctricos?			
Terma  500 W	Aspiradora  1.200 W	Micronondas  1.100 W	Refrigeradora  200 W
Ducha eléctrica  4.500 W	Equipo de sonido  80 W	Olla Arrocera  1.000 W	Plancha  1.000 W
Computadora  300 W	Tv 20"  80 W	Licudadora  300 W	DVD  20W
Ventilador  50 W	Secadora  1.200 W	Cafetera  800 W	Celular  10 W

Ilustración 17 Consumo de electricidad por artefacto
Fuente: (Energy life, 2019)

4.3.1. Abonados Domésticos

N°	DISPOSITIVO	VOLTAJE	POTENCIA	CANTIDAD	USO DIARIO (h)	CONSUMO DIARIO (Wh)
1	Luminarias	220 V	8W	5	3	120
2	Equipo de sonido	220 V	80 W	1	1	80
3	Televisor	220 V	80 W	1	3	240
4	Cargador de celular	220 V	10 W	1	1	10
5	Refrigerador	220 V	150 W	1	-	150
CONSUMO TOTAL						600 Wh

Tabla 12 Potencia de los electrodomésticos

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Abonado de uso general, Capilla:

N°	DISPOSITIVO	VOLTAJE	POTENCIA	CANTIDAD	USO DIARIO (h)	CONSUMO DIARIO (Wh)
1	Luminarias	220 V	8W	2	0.5	8
CONSUMO TOTAL						8 Wh

Tabla 13 Consumo de electricidad en la capilla

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Abonado general, Colegio:

N°	DISPOSITIVO	VOLTAJE	POTENCIA	CANTIDAD	USO DIARIO (h)	CONSUMO DIARIO (Wh)
1	Luminarias	220 V	8W	12	1	96
2	Cargador de celular	220 V	10 W	6	2	120
CONSUMO TOTAL						216 Wh

Tabla 14 Consumo de electricidad en el colegio

Fuente: Elaboración propia

4.4. Alumbrado Público

4.4.1. Cálculo del consumo mensual de alumbrado público (CMAP)

Para este cálculo se usará la siguiente ecuación:

$$CMAP = KALP * NU$$

El valor KALP está dado por el OSINERGMIN, según el Sector de Distribución Típico para este caserío se tomará en cuenta el SDT 5: Rural de media densidad, el cual se establece para zonas de entre 200 a 600 habitantes y tiene un factor de alumbrado público de 6,3

SDT	KALP * (kW.h/usuario-mes)	Potencia de la lámpara Vapor de sodio (W)	Flujo luminoso de la lámpara (lúmenes)
4	7,4	70	6500
5	6,3	50	3400
Especial	4,7	50	3400
SER	6,3	50	3400

Tabla 15 Factores KALP según SDT
Fuente: OSINERGMIN

$$CMAP = 6,3 * 45$$

$$CMAP = 289,8 \text{ kWh}$$

4.4.2. Cálculo de Puntos de Iluminación

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$PI = \frac{CMAP * 1000}{NHMAP * PPL}$$

Se consideró el número de horas diarias es de 12h, por lo tanto, NHMAP=12*30=360h

$$PI = \frac{289,8 * 1000}{360 * 50}$$

$$PI = 16,1$$

$$PI = 16$$

4.6. Consumo en los primeros 20 años

Se proyectó el consumo mensual de la población dentro de los 20 años que durará la instalación, teniendo una tasa de incremento de del 1%. Se calculó el consumo anual de los 20 años, teniendo los en cuenta los indicadores mencionados anteriormente:

Indicador	Valor
Año de referencia	2022
Población Inicial	159
Tasa de crecimiento	0,01
Índice de habitantes por vivienda	3,5
Sector típico	5
KALP (kWh/usuario-mes)	6,3
PPL (W)	50
CUAD (kWh/mes)	18,25
CUAUG (kWh/mes)	6,81

Tabla 16 Indicadores para el cálculo de consumo

Fuente: Elaboración propia

CUAD: Consumo Unitario Abonado Doméstico

CUAUG: Consumo Unitario Abonado Uso General

4.6.1. Consumo de Abonados Domésticos

AÑO	CUAD (kWh)	NAD	Consumo Total de Abonados Domésticos (kWh/año)
2022	221	45	10053
2023	221	46	10053
2024	223	46	10255
2025	226	47	10461
2026	228	47	10672
2027	230	48	10886
2028	232	48	11105
2029	235	49	11328
2030	237	49	11556
2031	240	50	11788
2032	242	50	12025
2033	244	51	12267
2034	247	51	12513

2035	249	52	12765
2036	252	52	13021
2037	254	53	13283
2038	257	53	13550
2039	259	54	13823
2040	262	54	14100
2041	265	55	14384
2042	267	55	14673

Tabla 17 Consumo de AD dentro de 20 años

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Consumo de Abonado de Uso General

AÑO	CUAUG (kWh)	NAUG	Consumo Total de Abonados Uso General (kWh/año)
2022	83	2	167
2023	83	2	167
2024	83	2	170
2025	84	2	174
2026	85	2	177
2027	86	2	181
2028	87	2	184
2029	88	2	188
2030	89	2	192
2031	89	2	196
2032	90	2	200
2033	91	2	204
2034	92	2	208
2035	93	2	212
2036	94	2	216
2037	95	2	220
2038	96	2	225
2039	97	2	229
2040	98	2	234
2041	99	2	239
2042	100	2	243

Tabla 18 Consumo de AUG dentro de 20 años

Fuente: Elaboración propia

4.6.3. Consumo de Alumbrado Público

AÑO	CAP (kWh)	PI	Consumo Total de Alumbrado Público (kWh/año)
2022	289	13	3370
2023	289	13	3370
2024	292	13	3370
2025	295	13	3370
2026	298	13	3370
2027	301	13	3370
2028	304	14	3629
2029	307	14	3629
2030	310	14	3629
2031	313	14	3629
2032	316	14	3629
2033	319	14	3629
2034	322	14	3629
2035	326	15	3888
2036	329	15	3888
2037	332	15	3888
2038	336	15	3888
2039	339	15	3888
2040	342	15	3888
2041	346	16	4147
2042	349	16	4147

Tabla 19 Consumo de AP dentro de 20 años

Fuente: Elaboración propia

4.7. Máxima demanda total

Los cálculos están basados en la Dirección de Inversión Pública DGPI – MEF, la cual se usa para la formulación de proyectos de inversión de electrificación rural.

Se tuvo en cuenta lo siguiente:

Factor de pérdidas: 9%

Factor de carga: 20%

*Energía total requerida = Consumo total + (Consumo total * fp)*

$$\text{Máxima demanda} = \frac{\text{Energía total requerida}}{fc * 8760}$$

AÑO	CAD (kW/año)	CAUG (kW/año)	CAP (kW/año)	Consumo Total (kW/año)	Consumo total requerido (kW/año)	Máxima demanda
2022	10053	167	3370	13590	14813	8,455
2023	10053	167	3370	13590	14813	8,455
2024	10255	170	3370	13795	15037	8,583
2025	10461	174	3370	14005	15265	8,713
2026	10672	177	3370	14219	15498	8,846
2027	10886	181	3370	14437	15736	8,982
2028	11105	184	3629	14918	16261	9,281
2029	11328	188	3629	15145	16508	9,423
2030	11556	192	3629	15377	16761	9,567
2031	11788	196	3629	15613	17018	9,713
2032	12025	200	3629	15854	17280	9,863
2033	12267	204	3629	16099	17548	10,016
2034	12513	208	3629	16350	17822	10,172
2035	12765	212	3888	16865	18383	10,492
2036	13021	216	3888	17126	18667	10,655
2037	13283	220	3888	17392	18957	10,820
2038	13550	225	3888	17663	19253	10,989
2039	13823	229	3888	17940	19554	11,161
2040	14100	234	3888	18222	19862	11,337
2041	14384	239	4147	18769	20459	11,677
2042	14673	243	4147	19063	20779	11,860

Tabla 20 Consumo total y máxima demanda en los primeros 20 años

Fuente: Elaboración propia

El consumo anual con en el que se trabajará para la minicentral es del año 20, un total de 20 779 kWh/año; 1 731,58 kWh/mes; 56,93 kWh/día y la máxima demanda es de 11,860 kW.

4.8. Cuantificación de la irradiación solar del caserío

Según el Atlas de la Energía Solar del Perú, el cual está elaborado por el Ministerio de Energía y Minas nos dice que el país cuenta con un alto potencial fotovoltaico. Las cifras de irradiación en la costa norte del país rondan entre los 5,5 a 6,5 kWh/m².

Los datos anteriormente citados fueron comparados con el software RETSCREEN, el cual utiliza coordenada satelitales y datos de la NASA para saber cuánta irradiación solar hay en el lugar que hemos escogido.

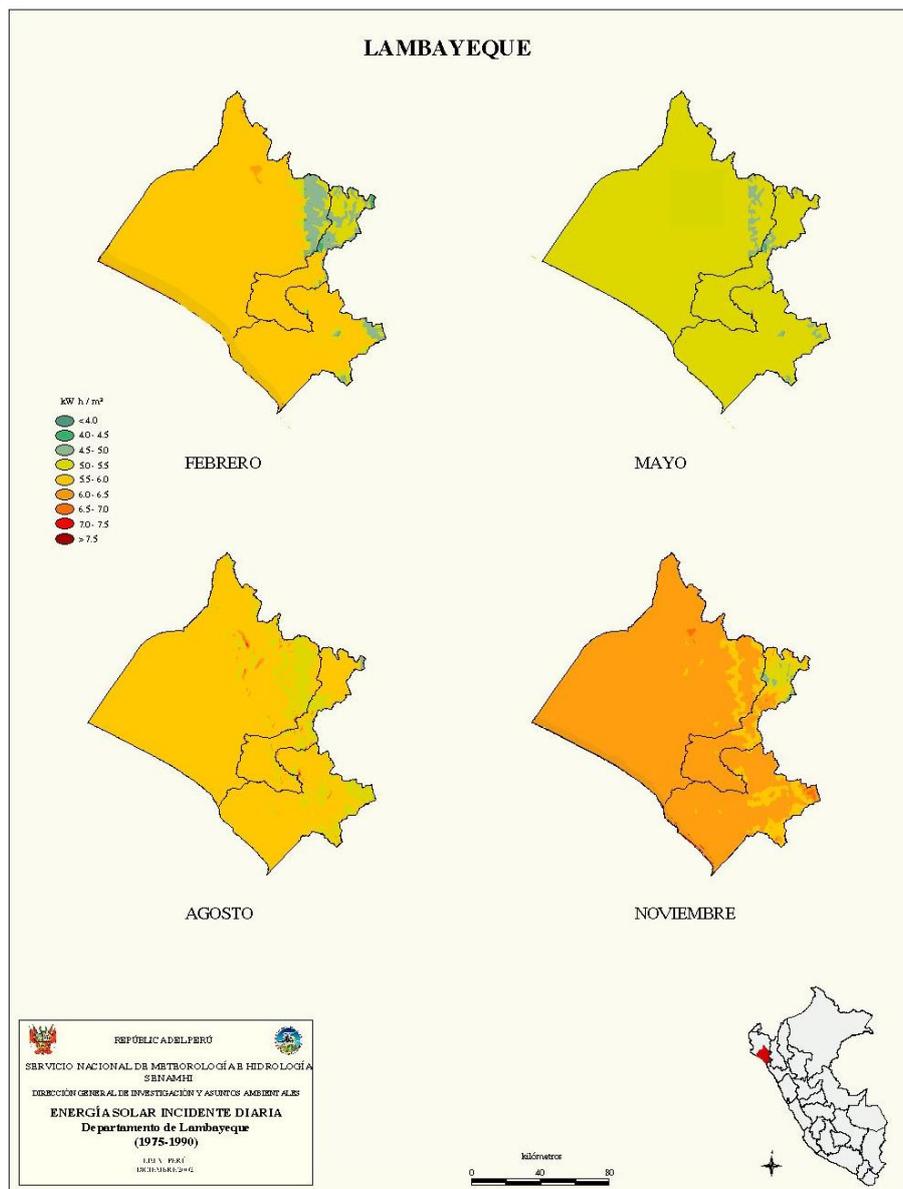


Ilustración 18 Energía solar incidente diaria
Fuente: SENAMHI

Las coordenadas del caserío son -6,485263, -79,916814.



Ilustración 19 Ubicación satelital del caserío

Fuente: Software RETSCREEN



Ilustración 20 Distribución de las viviendas

Fuente: Google Earth

4.8.1. Irradiación solar diaria en kWh/m²

MES	Temperatura del aire	Irradiación solar diaria - horizontal (kWh/m ² /d)
Enero	22,8	6,62
Febrero	24,2	6,59
Marzo	24,1	6,66
Abril	22,5	6,42
Mayo	21,2	5,4
Junio	20,8	4,86
Julio	20,2	4,57
Agosto	19,5	4,62
Septiembre	19	4,99
Octubre	18,9	5,54
Noviembre	19,8	5,96
Diciembre	21,3	6,34

Tabla 21 Irradiación solar del caserío por cada mes del año
Fuente: Elaboración propia

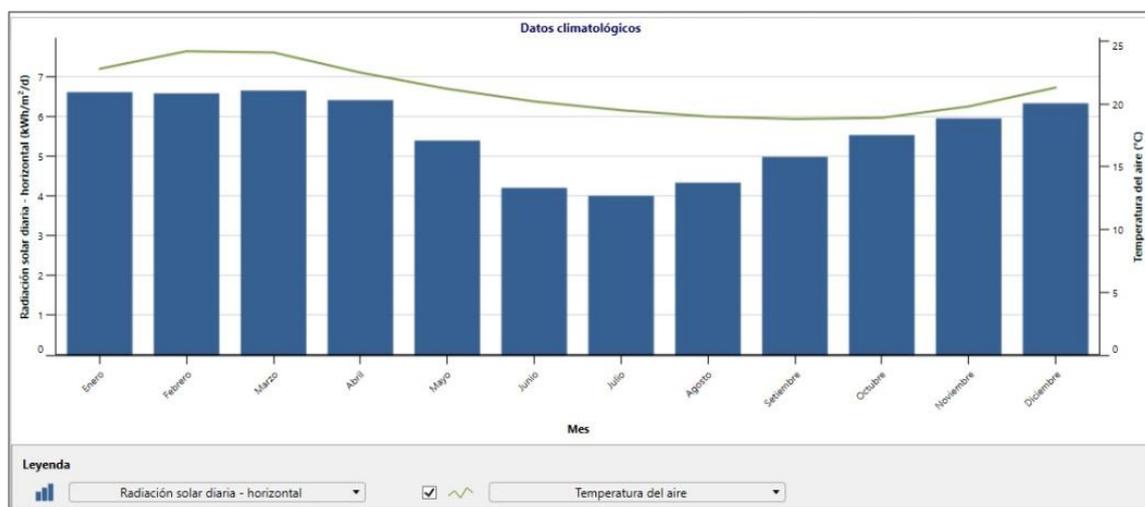


Ilustración 21 Gráfico de irradiación solar
Fuente: RETSCREEN

Como observa en los datos conseguidos en el software RETSCREEN, el mes con mayor irradiación solar diaria es el mes de marzo, esta llega hasta los 6,66 kWh/m², siendo este mes el más favorable para la generación de energía. Sin embargo, se trabajó con la menor irradiación (mes de julio), 4,57 kWh/m²

4.9. Selección de equipos para la minicentral

4.9.1. Módulos fotovoltaicos

Cálculo de la distribución de energía en AC:

$$L_{md,AC} = \frac{ET}{R}$$

Donde:

ET = Energía diaria. 56,93 kWh/día (Año 20)

R = Rendimiento Global

El rendimiento global está dado por:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \left(1 - \frac{k_a * N}{Pd}\right)$$

Donde:

k_b = Coeficiente de pérdida por rendimiento en batería: 0,05

k_c = Coeficiente de pérdida en el inversor: 0,05

k_v = Coeficiente de pérdidas diversas: 0,05

k_a = Coeficiente de autodescarga diario: 0,005

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

N = Número de días de autonomía: 5 días

$$R = 0,823$$

Por lo tanto, la energía de distribución en corriente alterna es

$$L_{md,CA} = 69,17 \text{ kWh/día}$$

Energía total a distribuir:

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

Donde:

$L_{md,DC}$ = Energía real a distribuir en DC: 0

$L_{md,AC}$ = Energía real a distribuir en AC: 69,17 kWh/día

η_{inv} = Eficiencia del inversor: 0,96

η_{bat} = Eficiencia de batería: 0,95

η_{con} = Eficiencia de conducción: 1

$L_{md} = 75,84 \text{ kWh/día}$

4.9.2. Número de paneles solares

Se necesita la potencia de cada uno. Para ello se escogió el panel fotovoltaico monocristalino de la marca VERTEX, modelo TSM-DE18M(II), el cual tiene una potencia de 510Wp.

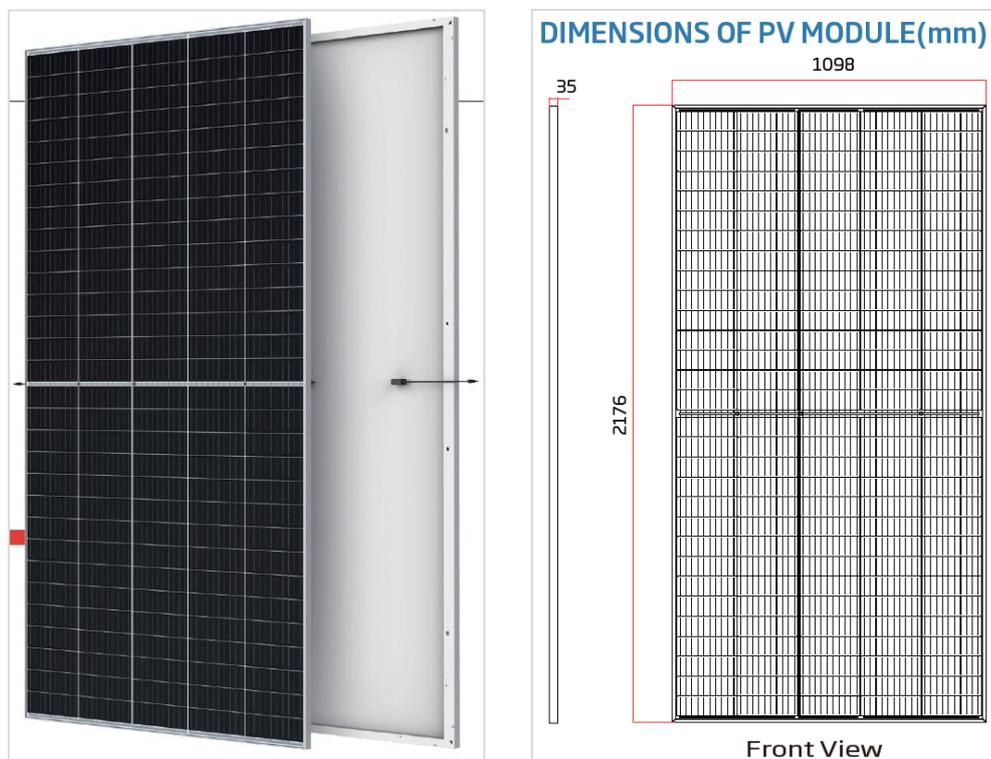


Ilustración 22 Panel fotovoltaico modelo TSM-DE18M(II)
Fuente: VERTEX

ELECTRICAL DATA (STC)						
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	480	485	490	495	500	510
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	11.42	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	50.8	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.99	12.07	12.14	12.21	12.28	12.35
Module Efficiency η_m (%)	20.1	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1

STC: Irradiance 1000W/mS, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: $\pm 3\%$.

Ilustración 23 Ficha técnica del panel fotovoltaico modelo TSM-DE18M(II)
Fuente: VERTEX

El número de paneles que se necesitarán se calculan con la siguiente fórmula:

$$N_{\text{paneles}} = \frac{L_{md}}{P_{mf} * HSPc * PR}$$

Donde:

L_{md} = Energía real a distribuir: 75,84 kWh/día

P_{mf} = Potencia de panel: 510 Wp

$HSPc$ = Hora Solar Pico Crítica

PR = Eficiencia del panel: 0,9

Teniendo en cuenta las horas solares pico del departamento de Lambayeque.

$$HSP = \frac{G}{I_{CEM}}$$

Donde:

G = menor irradiación solar media diaria del mes (Julio). 4,57 kWh/m²

I_{CEM} = Potencia de radiación incidente (1000 W/m²)

$$HSP = \frac{4,57 \text{ kWh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HSP = 4,57 \text{ h}$$

Por lo tanto, el número de paneles fotovoltaicos:

$$N_{\text{paneles}} = 36$$

4.9.3. Paneles que deben ser conectados en serie y paralelo

• En serie:

$$N_{smf} = \frac{V_T}{V_{mf}}$$

Donde:

N_{smf} = Número de módulos fotovoltaicos conectados en serie

V_T = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (V). 48 V

V_{mf} = Tensión nominal de un módulo fotovoltaico (V). 24 V

$$N_{smf} = \frac{48}{24}$$

$$N_{smf} = 2$$

• En paralelo:

$$N_{pmf} = \frac{N_{mf}}{N_{smf}}$$

Donde:

N_{pmf} = Número de ramas conectadas en paralelo

N_{mf} = Número de módulos fotovoltaicos

N_{smf} = Número de módulos fotovoltaicos conectados en serie

$$N_{pmf} = \frac{36}{2}$$

$$N_{pmf} = 18$$

4.9.4. Ángulo de inclinación

La orientación óptima, con una inclinación (β) este depende de latitud (ϕ) del caserío y acimut (α) que depende del hemisferio en el que está colocado el generador.

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 * |\phi|)$$

Donde:

β_{opt} = Ángulo de inclinación óptimo

$|\phi|$ = Latitud del lugar. $-6,51^\circ$

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 * |-6,51^\circ|)$$

$$\beta_{opt} = 8,2^\circ$$

El ángulo óptimo es de $8,2^\circ$, sin embargo, para mayor aprovechamiento de los paneles, se debe optar por un ángulo de entre 10° a 15° , por lo tanto, para esta investigación se optó por el ángulo de 12° , esta es la inclinación que conviene poner a los paneles solares para conseguir una mayor cantidad de energía solar diaria.

4.9.5. Distancia mínima entre módulos fotovoltaicos

Se debe dejar un espacio para que no se produzca un sombreado en las filas traseras por las delanteras, se dejó una distancia mínima que avale 4 horas de sol, en los días con mínima eminencia solar.

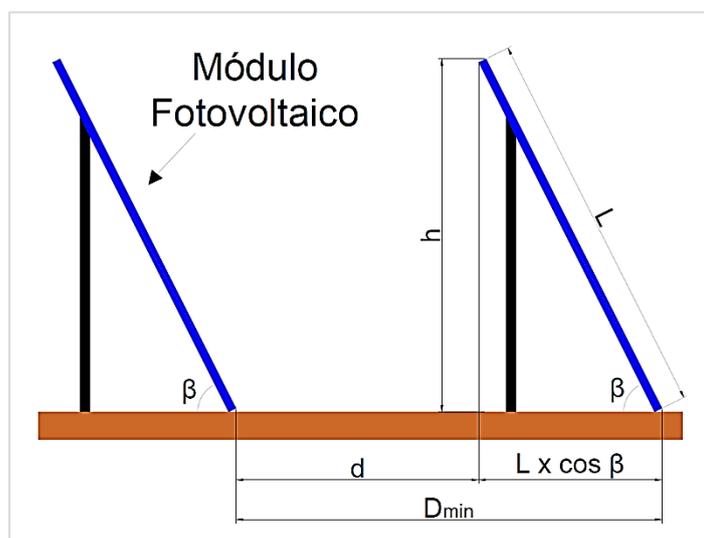


Ilustración 24 Distancias mínimas entre paneles

Fuente: Elaboración propia

Para calcular las distancias mínimas, se tuvo en cuenta la longitud de los paneles, estos están dados en las especificaciones técnicas, para hallar las distancias tenemos:

$$L * \cos(\beta) ; h = \sqrt{L^2 - (L * \cos(\beta))^2} ; d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \phi)} ; D_{min} = d + L * \cos(\beta)$$

Donde:

L = Longitud del panel fotovoltaico. 217,6 cm

β = Ángulo de inclinación. 12°

h = Altura

ϕ = Latitud. 6,51°

Por lo tanto:

$$L * \cos(\beta) = 212,845 \text{ cm}$$

$$h = 45,241 \text{ cm}$$

$$d = 32,28 \text{ cm}$$

$$D_{min} = 245,125 \text{ cm}$$

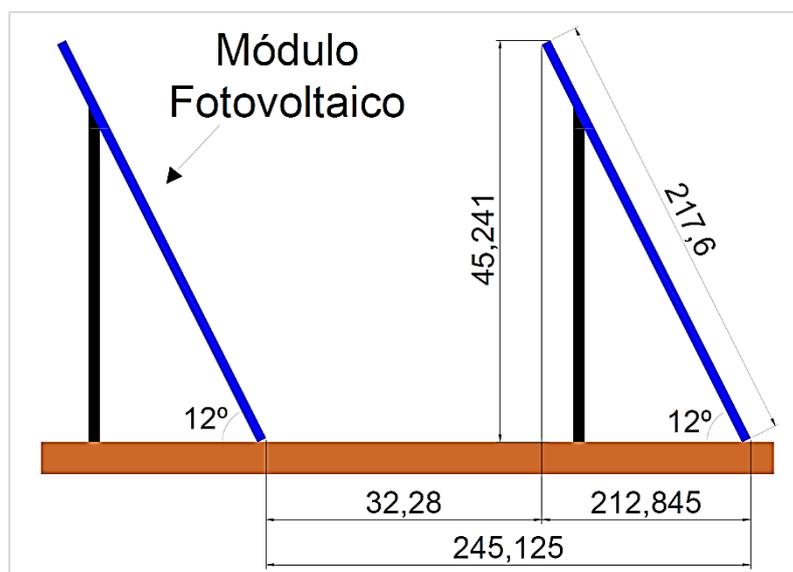


Ilustración 25 Distancias mínimas entre paneles

Fuente: Elaboración propia

4.9.6. Selección del regulador

Corriente máxima que debe de soportar el regulador:

$$I_{REGen} = 1,25 * I_{CCmf} * N_{Pmf}$$

I_{REGen} = Corriente entrada que debe soportar el regulador

I_{CCmf} = Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico. 11,9 A

N_{pmf} = Número de ramas conectadas en paralelo. 18

1,25 = Factor de sobredimensionamiento más comúnmente utilizado. 25%

$$I_{REGen} = 1,25 * 11,9 A * 18$$

$$I_{REGen} = 267,4 A$$

Voltaje máximo:

$$V_{REGen} = 1,25 * V_{max-mp} * NS_{mf}$$

V_{max-mp} = Voltaje máximo de panel fotovoltaico. 43V

NS_{mf} = Número de módulos fotovoltaicos conectados en serie. 2

$$V_{REGen} = 1,25 * 43V * 2$$

$$V_{REGen} = 107,5V$$

Número de reguladores:

$$N_{reg} = \frac{I_{RE}}{I_{MAX,e}}$$

Donde:

I_{RE} = Corriente de entrada del regulador. 267,4 A

$I_{MAX,e}$ = Intensidad máxima de entrada del regulador. 120 A

$$N_{reg} = \frac{267,4 A}{120 A}$$

$$N_{reg} = 2$$

Se seleccionó el regulador de la marca AMPINVT, modelo AP-120A, el cual trabajó con 120A



Ilustración 26 Regulador marca AMPINVT, modelo AP-120A
Fuente: AMPINVT

Model : 50A/60A/80A/ 100A/120A Series	50A	60A	80A	100A	120A
Charging mode	MPPT automatic maximum power point tracking				
Charging method	Three stages: Constant current charging(MPPT),Equalizing charging, float charging				
System Type	12V/24V 36V/48V/96V	Automatical recognition / Manual setting			
System identification voltage range	12V System	DC9V-DC15V			
	24V System	DC18V-DC30V			
	36V System	DC27V-DC45V			
	48V System	DC36V-DC60V			
	96V System	DC80V-DC120V			
Quiescent dissipation	12V/24V 36V/48V/96V	$\leq 2W$			
Overall Unit efficiency	12V/24V 36V/48V/96V	$\geq 96.5\%$			
Photovoltaic module utilization ratio	12V/24V 36V/48V/96V	$\leq 99\%$			

Ilustración 27 Ficha técnica del Regulador marca AMPINVT, modelo AP-120 A
Fuente: AMPINVT

En total de usarán 2 reguladores MPPT (Maximum Power Point Tracking) de 48V para cubrir la corriente máxima.

4.9.7. Selección del inversor

El inversor se seleccionó de acuerdo a la máxima demanda.

Corriente de entrada:

$$I_{INVen} = 1,25 * \frac{MD}{VT * n_{inv}}$$

Donde:

I_{INVen} = Corriente de entrada del inversor

MD = Máxima demanda del caserío. 11,86 kW

VT = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico. 48 V

n_{inv} = Eficiencia del inversor. 0,96

$$I_{INVen} = 1,25 * \frac{11\,860W}{48V * 0,96}$$

$$I_{INVen} = 321,72A$$

Número de inversores:

$$N_{inv} = \frac{I_{INVen}}{I_{MAX,en}}$$

Donde:

I_{INVen} = Corriente de entrada del inversor. 321,72 A

$I_{MAX,en}$ = Intensidad máxima de entrada del inversor. 200 A

$$N_{inv} = \frac{321,72 A}{200}$$

$$N_{inv} = 2$$

Se seleccionó el inversor de la marca QUATTRO, modelo 48/8000/110-100/100, el cual tiene una potencia de entre 6,5 kW, se usarán 2 inversores



Ilustración 28 Inversor marca QUATTRO, modelo 48/8000/110-100/100
Fuente: AUTOSOLAR

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	SI				
Conmutador de transferencia integrado	SI				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20

Ilustración 29 Ficha técnica del Inversor marca QUATTRO, modelo 48/8000/110-100/100
Fuente: AUTOSOLAR

4.9.8. Selección de baterías

Se evaluará la capacidad mínima del banco de baterías

$$C_t = \frac{(N_D * E_{elec})}{(P_{Dmax} * VT * n_{inv} * n_{rb})}$$

Donde:

C_t = Capacidad mínima del banco de baterías (Ah)

E_{elec} = Energía eléctrica total diaria. 56,93 kWh/día

VT = Voltaje de trabajo del sistema. 48 V

N = Número de días de autonomía. 3 días

PD_{max} = Profundidad de descarga máxima estacional. 75%

η_{inv} = Eficiencia del inversor. 0,96

η_b = Eficiencia de batería. 0,92

$$Ct = 1\,342,9\text{ Ah}$$

4.9.9. Baterías en serie por grupo

$$N_{s\text{ bat}} = \frac{VT}{V_{bat}}$$

Donde:

$N_{s\text{ bat}}$ = Número de baterías que deben conectarse en serie

VT = Tensión de trabajo. 48 V

V_{bat} = Tensión nominal de batería. 12 V

$$N_{s\text{ bat}} = \frac{48}{12}$$

$$N_{s\text{ bat}} = 4$$

4.9.10. Baterías en paralelo por grupo

$$N_{p\text{ bat}} = \frac{CT}{C_{bat}}$$

Donde:

$N_{p\text{ bat}}$ = Número de baterías que deben conectarse en paralelo

Ct = Capacidad total del banco de baterías. 1 342,9 Ah

C_{bat} = Capacidad individual de una batería. 1 500 Ah

$$N_{p\text{ bat}} = \frac{1\,342,9}{1\,500}$$

$$N_{p\text{ bat}} = 0,9$$

Se deben considerar 4 baterías para cada controlador

4.9.11. Número total de baterías

$$N_{\frac{total}{grupo}} = N_{s bat} * N_{p bat}$$

$$N_{\frac{total}{grupo}} = 4 * 0,9 = 4 \text{ baterías}$$

$$N_{total} = 4 * 4 = 16 \text{ baterías (4 baterías por grupo)}$$

Se seleccionó el acumulador de batería de la marca SUNLIGHT, modelo 12 OPzS 1500 de Plomo-ácido. Esta trabaja con 12 V y tiene una capacidad de 1 500 Ah



Ilustración 30 acumulador de batería de la marca Sunlight, modelo 12 OPzS 1500
Fuente: TECHNO SUN

Modelos	Capacidad Nominal (Ah 20°)			Peso (Kg)		Dimensiones (mm)		
	Referencia DIN	10 hrs 1.80 Vpe	20 hrs 1.84 Vpe	100 hrs 1.87 Vpe	Con electrolito	Cantidad electrolito	Ancho	Fondo
4 OPzS 200	200	232	297	13,6	4,2	103	206	420
5 OPzS 250	250	290	360	21,8	5,6	124	206	420
6 OPzS 300	300	348	432	25,4	6,4	145	206	420
5 OPzS 350	350	409.5	518	30	7,3	124	206	536
6 OPzS 420	420	491.4	626	35,1	8,6	145	206	536
7 OPzS 490	490	573.3	730	40,1	9,6	166	206	536
6 OPzS 600	600	696	900	47,5	12,5	145	206	711
8 OPzS 800	800	928	1200	63,8	16,8	210	191	711
10 OPzS 1000	1000	1160	1500	77	21	210	233	711
12 OPzS 1200	1200	1392	1800	90	25	210	275	711
12 OPzS 1500	1500	1785	2250	113	28	210	275	861
16 OPzS 2000	2000	2380	2940	156	40	214	399	837
20 OPzS 2500	2500	2975	3700	196	50	212	487	837
24 OPzS 3000	3000	3570	4410	229	63	212	576	837

Ilustración 31 Ficha técnica de acumulador de batería de la marca SUNLIGHT, modelo 12 OPzS 1500
Fuente: TECHNO SUN

4.9.12. Selección de conductores de instalación

Para este apartado la caída de tensión debe estar dentro de lo establecido y la longitud de los conductores debe ser la más mínima posible.

4.9.12.1. Intensidad máxima que soporta tramo paneles – regulador

$$I_{MAX\ mf} = 1,25 \times ICC\ mf \times N_{ramas\ en\ paral.} \times regulador$$

Donde:

$I_{MAX\ mf}$ = Corriente máxima Paneles – regulador

$ICC\ mf$ = Corriente de cortocircuito del panel. 11,9 A

N_{rp-reg} = Número de ramas de paneles que deben conectarse a cada regulador. 8

$$I_{MAX\ mf} = 1,25 \times 11,9 \times 8$$

$$I_{MAX\ mf} = 119\ A$$

4.9.12.2. Intensidad máxima que soporta tramo batería – inversor

$$I_{MAX\ inv} = \frac{1,25 \times P_{inv\ c}}{V_{trabajo} \times n_{inv}}$$

Donde:

$I_{MAX_{inv}}$ = Corriente máxima Baterías – inversor

P_{inv} = Potencia del inversor. 6,5 kW

$V_{trabajo}$ = Voltaje de trabajo. 48 V

η_{inv} = eficiencia del inversor. 0,96

$$I_{MAX_{inv}} = \frac{1,25 * 6500}{48 * 0,96}$$

$$I_{MAX_{inv}} = 176,33 \text{ A}$$

Se tuvo en cuenta las caídas de tensiones para los tramos de los subsistemas, las cuales están dadas por la siguiente tabla:

Subsistema	Caída tensión Máxima
Paneles - Regulador	3%
Regulador - Baterías	1%
Baterías - Inversor	1%

Ilustración32 Caída de tensión por tramo de la instalación fotovoltaica
Fuente: SUNFIELDS

Para la sección mínima del conductor se usa la ecuación:

$$S_{cable} = \frac{2 * L * I_{reg}}{K * \Delta V}$$

Donde:

S_{cable} = Sección del conductor

L = Longitud de tramo

I_{reg} = Corriente de regulador. 120 A

K = Conductividad. 56 m/Ω. mm²

ΔV = Caída de tensión

Paneles – regulador:

$$S_{cable} = \frac{2 * 5 * 119A}{56 * 3}$$

$$S_{cable} = 7,08 \text{ mm}^2$$

Regulador – batería:

$$S_{cable} = \frac{2 * 3 * 120A}{56 * 1}$$

$$S_{cable} = 12,51 \text{ mm}^2$$

Batería – inversor:

$$S_{cable} = \frac{2 * 3 * 176,33A}{56 * 1}$$

$$S_{cable} = 18,9 \text{ mm}^2$$

4.9.13. Plano de conexión de equipos

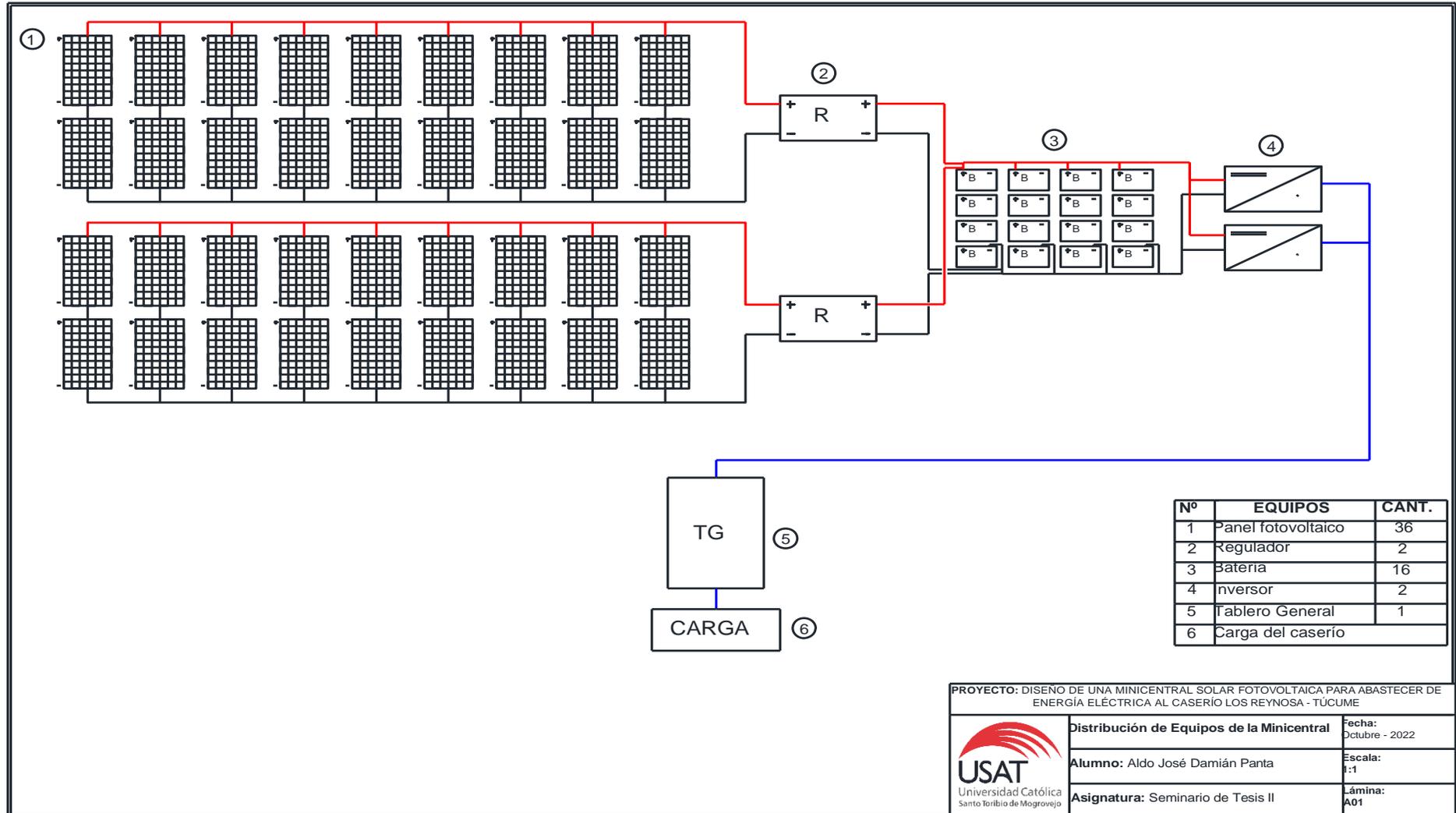


Ilustración 33 Plano de conexión de equipos de la minicentral
 Fuente: Elaboración propia

4.10. Diseño de red de distribución de baja tensión

Este diseño de red de baja tensión sirve para trasladar la energía eléctrica a los abonados domésticos y los dispositivos de alumbrado público. Se desarrollará el diseño, especificaciones, cálculos y seleccionamiento electromecánico para electrificar al caserío Los Reynosa en correlación a los mandatos del CNE – Suministro 2011, las Normas Técnicas pertinentes del Ministerio de Energía y Minas (DGE, DGH y DEP) y demás disposiciones actuales.

Se ha proyectará la línea aérea, sistema trifásico 380/220 voltios, para una tensión nominal de línea de 380 V y fase-neutro 220 V y 60 Hz de frecuencia nominal.

4.11. Normas y códigos considerados

Las Normas principales tomadas en cuenta:

- Código Nacional de Electricidad, Suministros 2011 (RM N° 214-2011-MEM-DM).
- El Código Nacional Electricidad –Utilización (RM N° 037-2006-MEM/DM); incluye su modificatoria (RM N° 175-2008-MEM/DM)
- Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844.
- El Decreto Supremo N° 009-93 EM, Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.
- Normas DGE/MEM Vigentes.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

4.12. Parámetros estimados

a) Factor de potencia:

Red de distribución secundaria	:	0,9
Alumbrado Público	:	0,9

b) Factor de simultaneidad:

Viviendas	:	0,5
Cargas especiales	:	1
Alumbrado Público	:	1

c) Caída de tensión:

Máxima caída de tensión: : 7% (15,4 V)

4.12.1. Distancias mínimas de seguridad – relevantes

Distancia de una línea BT a la proyección de la fachada : 1 m

Distancia de una línea a la superficie : 6,5 m

4.12.2. Postes de Concreto

Deben cumplir las normas DGE 015-PD “Postes de concreto Armado para Redes de Distribución”. Toda el área debe ser uniforme y llana, sin deformaciones, escorrones y grietas que accedan la entrada de humedad.

Características técnicas:

Longitud (m)	:	8
Carga de trabajo en la punta	:	200
Diámetro Base (mm)	:	270
Coefficiente seguridad	:	2
Peso (Kg)	:	410

4.12.3. Luminarias

Se instauran las especificaciones técnicas mínimas que deben efectuar las luminarias de A.P. para lámparas de V.S.A.P y accesorios respectivos.

Características de lámparas: Lámparas de V.S.A.P, tienen forma ovoide y están indicadas para uso en exteriores.

Tipo	:	Sodio
Potencia	:	50 W
Tensión en lámpara	:	90 Voltios
Intensidad en lámpara	:	1 A
Mínima tensión para funcionan.	:	220 V
Flujo luminoso horizontal	:	3,400 lm
Horario de trabajo	:	12 h (18:30 a 06:30)

Reactancia: Sirve para garantizar el trabajo de las lámparas de descarga, debido a que éstas no funcionan directamente conectadas a la red. Suministra la corriente de arranque.

Ignitores: Facilita el pulso para encender a la lámpara.

Pastorales: elemento curvo que da el ángulo de la luminaria para la iluminación, este puede ser de concreto o metálico.

Características técnicas de pastorales:

Material : Acero SAE 1020

Dimensiones

Horizontal : 1 900,00 mm

Vertical : 1 500,00 mm

Radio de curvatura : 1 100,00 mm

Angulo de inclinación : 15°

Diámetro del tubo Ø : 38 mm

Peso : 12 Kg

4.12.4. Retenidas

especificaciones solicitadas para la producción y entrega del cable de acero para retenidas que se utilizarán.

Características técnicas:

Diámetro nominal : 10 mm (3/8")

Número de alambres : 7

Diámetro de cada alambre : 3,05 mm

Carga rotura mínima : 30,92 kN

4.12.5. Cálculo mecánico de conductores

Estos cálculos permitieron comprobar los esfuerzos mínimos y máximos en las hipótesis propuestas, en el dimensionamiento para conductores tipo autoportante:

Conductor de Aluminio Cubierto AAAC 1x25

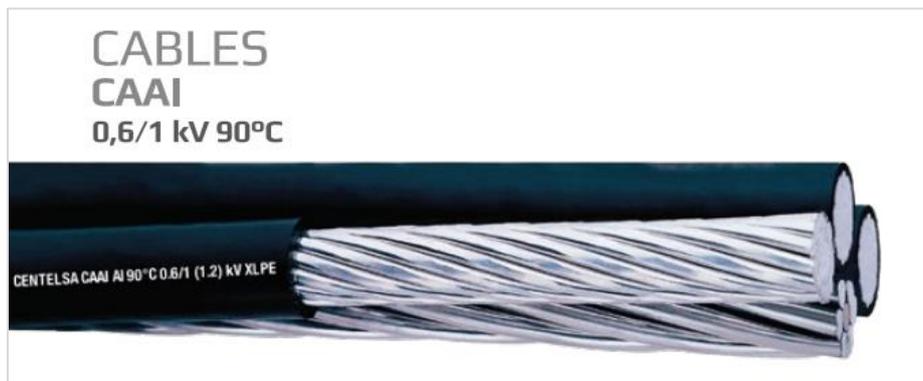


Ilustración 34 Conductor de Aluminio Cubierto AAAC 1x25

Fuente: CENTELSA

FORMACION	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE FASE (O/Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE ALUMBRADO PUBLICO (O/Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO (O/Km)		REACTANCIA INDUCTIVA (O/Km)		FACTOR DE CAIDA DE TENSION			CAPACIDAD DE CORRIENTE	
	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	XL(30)	XL (10)	K (380-220 V)	K(440-220 V)	K(220 VAP)	A 40 °C (A)	
												Cond. Fase	Cond. A.P.
3x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,094	0,123	1,607	-	3,272	102	64
3x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,100	0,116	2,223	-	3,272	83	64
3x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,110	0,110	3,538	-	3,272	64	64
3x35/25	0,868	0,929	-	-	1,38	1,478	0,091	-	1,607	-	-	102	-
3x25/25	1,200	1,285	-	-	1,38	1,478	0,095	-	2,223	-	-	83	-
3x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	0,103	-	3,538	-	-	64	-
2x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,086	0,114		3,780	3,272	102	64
2x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,093	0,109		3,776	3,272	83	64
2x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,096	0,096	3,538	3,765	3,272	64	64
2x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,096	-	3,765	3,272	64	-
1x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,094	-		3,272	64	-

Ilustración 35 Parámetros y factores de caída de tensión para cables autoportantes

Fuente: Norma D.G.E. RD031-2003-EM

CABLES CAAI 90 °C 0,6/1 kV - NEUTRO AISLADO (AAAC)						
Formación	Conductor Al 1350		Neutro AAAC 6201		Diámetro Exterior Aproximado	Peso Total Aproximado
	Sección	Espesor de Aislamiento	Sección	Carga de Rotura		
	mm ²	mm	mm ²	kN		
1x16+NA25	16	1,14	25	7,72	15,82	168
1x25+NA25	25	1,14	25	7,72	17,02	198
1x16+1x16+NA25	16	1,14	25	7,72	16,94	234
2x16+NA25	16	1,14	25	7,72	16,94	234
2x16+1x16+NA25	16	1,14	25	7,72	20,55	308
2x25+1x16+NA25	25	1,14	25	7,72	21,35	360
2x35+1x16+NA25	35	1,14	25	7,72	23,42	423
2x25+NA25	25	1,14	25	7,72	18,16	295
3x16+1x16+NA25	16	1,14	25	7,72	19,90	365
3x25+1x16+NA25	25	1,14	25	7,72	24,04	457
3x35+1x16+NA25	35	1,14	25	7,72	25,64	550
3x50+1x16+NA35	50	1,52	35	10,81	32,21	733
3x70+1x16+NA50	70	1,52	50	15,44	37,69	995
3x95+1x16+NA70	95	1,52	70	20,95	42,77	1309
3x120+1x16+NA70	120	2,03	50	20,95	47,85	1611

Ilustración 37 Ficha técnica de Conductor de Aluminio Cubierto AAAC 1x25
Fuente: CENTELSA

CARACTERISTICAS DE LOS PORTANTES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO ASTM B 399-04							
Sección Portante (mm ²)	Diámetro (mm)	Número de Hilos	Carga de Rotura (Kgf)	Peso Kg/Km.	Módulo de Elasticidad (Kgf / mm ²)	Coefficiente de Dilatación (°C ⁻¹)	Resistencia Eléctrica cc a 20 °C OHM/KM.
25	6,40	7	765	68	6,140	2,3 x 10 ⁻⁵	1,370
35	7,60	7	1071	95	6,140	2,3 x 10 ⁻⁵	0,979
50	9,10	7	1538	136	6,140	2,3 x 10 ⁻⁵	0,681

Ilustración 36 Ficha técnica de portantes de aleación de aluminio
Fuente: CENTELSA

Cálculos de esfuerzos:**Cambio de estado:**

$$\sigma_f^2 \left[\sigma_f + E * \alpha (T_f - T_1) + \left(\frac{Wr_1 * L}{A * \sigma_1} \right)^2 \cdot \frac{E}{24} - \sigma_1 \right] = \left(\frac{Wr_f * L}{A} \right)^2 \cdot \frac{E}{24}$$

Donde:

σ_1, σ_f = Esfuerzos admisibles de hipótesis inicial y final, respectivamente

Wr_1, Wr_f = Pesos resultantes de hipótesis inicial y final, respectivamente

T_1, T_f = Temperaturas de hipótesis inicial y final, respectivamente

α = Coeficiente térmico de resistencia

E = Módulo de elasticidad

A = Sección en mm^2

L = Vano

a) Hipótesis I

Condición de templado

Temperatura : 15 °C

Velocidad del viento : Nula

Esfuerzo de rotura : 18%

Características del Portante				
Diámetro (mm)	Área (mm^2)	Carga de rotura (kgf)	Esfuerzo de rotura (kg/m)	18% Esfuerzo de rotura (kg/mm^2)
6,3	31,17	783	0,066	20,27

b) Hipótesis II

Condición de máximo esfuerzo

Temperatura : 5 °C

Velocidad del viento : 50 km/h

c) Hipótesis III

Condiciones de flecha máxima

Temperatura : 45 °C

Velocidad del viento : Nula

Peso resultante del conductor:

$$Wr = \sqrt{Wc^2 + Wv^2}$$

Donde:

$Wc =$ Carga unitaria del conductor (0,066 kg/m)

$Wv =$ Carga unitaria debido al viento sobre el conductor

$$Wv = \frac{pv * \phi}{1000}$$

$$pv = 0,0042 * V^2$$

Donde:

$Wv =$ Carga unitaria debido al viento sobre el conductor

$pv =$ presión del viento

$\phi =$ Diámetro del conductor. 25mm

$V =$ Velocidad del viento en "hipótesis 2". 50km/h

$$Wv = 0,2625 \text{ kg/m}$$

Por lo tanto:

$$Wr = 0,271$$

Vano básico:

Debe ser el mínimo posible, debe tener igual esfuerzo a lo largo de todo el tendido de la línea. Este vano es calculado con la longitud del circuito más largo (Circuito I)

$$\text{Vano Básico} = \sqrt{\frac{\sum L_n^3}{\sum L_n}}$$

$$\sqrt{\frac{33,19^3 + 37,31^3 + 18^3 + 24^3 + 26,6^3 + 37,84^3 + 35,64^3 + 38,81^3 + 38,76^3 + 36,47^3 + 22,53^3}{33,19 + 37,31 + 18 + 24 + 26,6 + 37,84 + 35,64 + 38,81 + 38,76 + 36,47 + 22,53}}$$

Vano Básico = 34 m

Esfuerzo máximo

Reemplazando los valores anteriormente calculados, junto con las características del conductor y los valores de la Hipótesis 2 en la ecuación de cambio de estado, se obtiene:

Esfuerzos Hipótesis 2	
Vano (m)	Esfuerzo (kg/mm²)
10	21,69
15	21,7
20	21,71
25	21,72
30	21,73
34	21,74
35	21,75

Tabla 22 Esfuerzos en Hipótesis 2
Fuente: Elaboración propia

Se hace lo mismo para la Hipótesis 3:

$$Wc = 0,066 \text{ kg/m}$$

$$Wv = 0$$

$$Wr = 0,066 \text{ kg/m}$$

Esfuerzos Hipótesis 3	
Vano (m)	Esfuerzo (kg/mm²)
34	24,544

Tabla 23 Esfuerzo en Hipótesis 3
Fuente: Elaboración propia

Flecha máxima:

Para este apartado se tomó en cuenta el esfuerzo en la Hipótesis 3, la cual es donde se puede producir mayor flecha.

$$f = \frac{Wr \cdot L^2}{8 \cdot A \cdot \sigma}$$

Donde:

Wr = Peso resultante del conductor. 0,066 kg/m

L = Vano. 34 m

A = Sección del conductor. 25 mm²

σ = Esfuerzo en la hipótesis considerada. 24,544 kg/mm²

$$f = 0,16 \text{ m}$$

La flecha máxima para el vano de 34 m en la Hipótesis 3, de mayor flecha, es de 0,16 m

4.12.6. Cálculo eléctrico**Caída de tensión:**

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

Donde:

I = Corriente eléctrica del circuito

L = Longitud de tramo o vano m

K = Factor de caída de tensión. 3,272

CAÍDAS DE TENSIÓN					
CIRCUITO	DISTANCIAS	METROS (m)	CORRIENTE (A)	F.C.T.	V%
C-I	M a L21	15	0,91	3,272	0,04
	M a L01	364,15	8,18	3,272	6,50
C-II	M a L24	45,83	2,73	3,272	0,41
	M a L27	149,93	6,36	3,272	3,12
C-III	M a L31	154,39	2,73	3,272	1,38
	M a L35	230,95	6,36	3,272	4,81
C-IV	M a L37	231,61	2,73	3,272	2,07
	M a L45	293,75	9,09	3,272	4,81

Tabla 24 Caídas de tensión

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla, la variación de caída de tensión cumple con la norma para electrificación rural, la cual dice que no debe ser mayor al 7% (15,4 V)

4.12.7. Plano de distribución

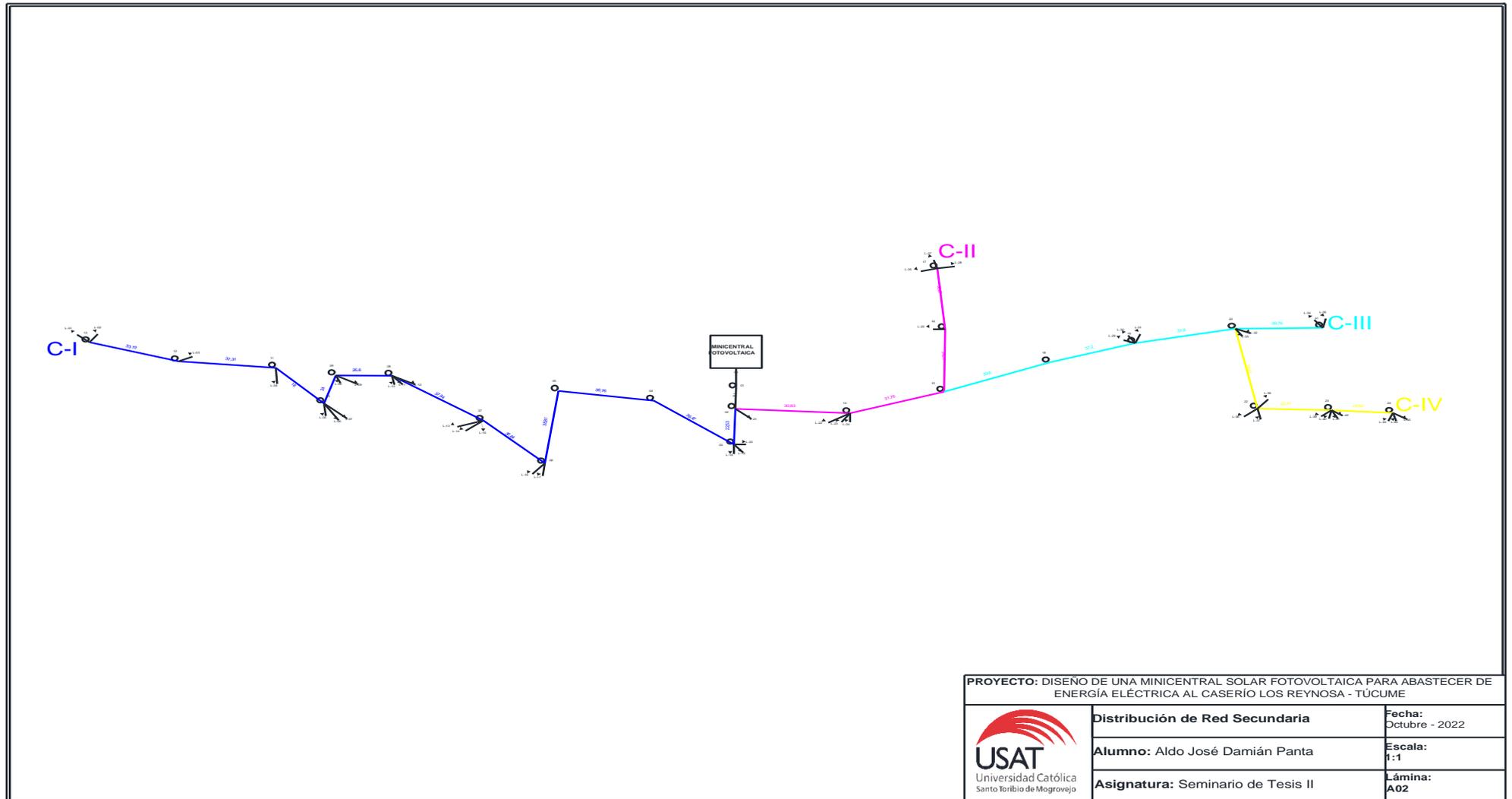


Ilustración 38 Plano de distribución de red de baja tensión

Fuente: Elaboración propia

4.13. Análisis económico

Para este apartado, se tomó en cuenta los costos de los diferentes equipos, materiales e instalaciones que conforman la instalación y la red de baja tensión. Así como, los ingresos que esta pueda generar para posteriormente calcular el retorno de inversión utilizando los indicadores económicos VAN y TIR.

4.13.1. Metrado y presupuesto de equipos de la minicentral

EQUIPOS DE LA MINICENTRAL					
ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1.00	SUMINISTRO DE EQUIPOS				
1.01	Paneles fotovoltaicos de 510 Wp de 24 V	unid.	36	S/ 1 250,00	S/ 45 000,00
1.02	Reguladores de 120 A y 48 V	unid.	2	S/ 2 660,00	S/ 5 320,00
1.03	Inversores de 6,5 kW de potencia	unid.	2	S/ 18 358,06	S/ 36 716,12
1.04	Baterías de 12 V	unid.	16	S/ 1 900,00	S/ 30 400,00
1.05	Estructuras para paneles	unid.	4	S/ 950,00	S/ 3 800,00
SUB TOTAL					S/ 121 236,12

Tabla 25 Costos de equipos de la minicentral

Fuente: Elaboración propia

El costo total en soles de los principales equipos que conforman la minicentral fotovoltaica es de s/ 121 236,12.

4.13.2. Metrado y presupuesto de red secundaria

MATERIALES DE RED SECUNDARIA					
ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1.00	POSTES DE CONCRETO				
1.01	Poste de CAC 8m/300 daN	u	24	S/ 640,54	S/ 15 372,96
SUB TOTAL					S/ 15 372,96
2.00	CABLES Y CONDUCTORES AUTOPORTANTES				
2.01	Conductor Autoportantes de Aluminio AAAC 3x25+16/25	km	0,754	S/ 570,00	S/ 429,78
SUB TOTAL					S/ 429,78
3.00	ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES				
3.01	Grapa de suspensión angular para conductor de aleación de aluminio de 25 a 35 mm ²	u	60	S/ 13,00	S/ 780,00
3.02	Grapa de anclaje para conductor de aleación de aluminio de 25 a 35 mm ²	u	29	S/ 15,00	S/ 435,00
3.03	Conector, para al 25mm ² , para neutro desnudo, tipo cuña	u	9	S/ 6,62	S/ 59,58
3.04	Correa plástica de amarre color negro	u	330	S/ 0,28	S/ 92,40
3.05	Cinta autofundante para extremo de cable	u	36	S/ 3,00	S/ 108,00
3.06	Cinta aislante	rll	100	S/ 2,80	S/ 280,00
SUB TOTAL					S/ 1 754,98
4.00	CONDUCTORES TIPO COBRE				
4.01	Conductor de cobre concéntrico, 2 x 4 mm ² , con aislamiento y cubierta de PVC	m	1041	S/ 4,52	S/ 4 705,32
4.02	Conductor de cobre recocido de 16 mm ²	m	125	S/ 5,89	S/ 736,25
SUB TOTAL					S/ 5 441,57
5.00	LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS				
5.01	Pastoral tubo A °G° 38 mm f. Int.; 1 900mm avance horiz.; 1 500 mm altura, y 15° inclinación	u	16	S/ 86,00	S/ 1 376,00
5.02	Luminaria con equipo para lámpara de 50 W	u	16	S/ 185,00	S/ 2 960,00
5.03	Lámpara de vapor sodio de alta presión 50 W	u	16	S/ 30,00	S/ 480,00
5.04	Porta fusible unipolar 220 V, 5 A	u	16	S/ 20,00	S/ 320,00
5.05	Conector bimetalico forrado para al 35 mm ² /cu 4-10 mm ² , para fase aislada tipo perforación	u	16	S/ 10,00	S/ 160,00
SUB TOTAL					S/ 5 296,00
6.00	RETENIDAS Y ANCLAJES				
6.01	Cable de acero grado SIEMENS MARTIN, de 10 mm ø, 7 HILOS	m	265	S/ 4,20	S/ 1 113,00
6.02	Perno angular con ojal-Guardacabo de A °G°, 16 mm ø x 203 mm	u	160	S/ 9,00	S/ 1 440,00
6.03	Varilla de anclaje de A °G° de 16 mm ø x 2.40 m	u	31	S/ 34,86	S/ 1 080,66

6.04	Arandela de anclaje, de A° G°, 102 x 102 x 5 mm, agujero de 18 mmØ	u	31	S/	5,00	S/	155,00
6.05	Mordaza perforada de A° G° PARA CABLE DE 10 mm Ø	u	55	S/	8,76	S/	481,80
6.06	Arandela cuadrada curva de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, agujero de 18 mmØ	u	55	S/	2,00	S/	110,00
6.07	Soporte de contrapunta de 51 mmØx1000mm de long. Con abrazadera partida en un extremo	u	70	S/	68,79	S/	4 815,30
6.08	Alambre de acero N° 12; para entorchado	m	15	S/	1,00	S/	15,00
6.09	Bloque de concreto de 0,45 x 0,40 x 0,15 m	u	25	S/	26,00	S/	650,00
6.10	Conector bimetalico forrado para Al 25 mm² y cobre de 16mm², tipo cuña	u	25	S/	6,20	S/	155,00
6.11	Conector doble vía bimetalico para cable de acero de 10mmØ Y COBRE DE 16 mm²	u	25	S/	5,46	S/	136,50
SUB TOTAL							S/ 10 152,26
7.00	ACCESORIOS DE FERRETERÍA PARA ESTRUCTURAS						
7.01	Perno con gancho de 16mm Ø, provisto de arandela, tuerca y contrat., long. 203 mm	u	20	S/	9,51	S/	190,20
7.02	Perno con gancho de 16mm Ø, provisto de arandela, tuerca y contrat., long. 254 mm	u	60	S/	10,00	S/	600,00
7.03	Perno de A°G° DE 13mm Ø, provisto de tuerca y contrat., long. 203 mm	u	30	S/	7,40	S/	222,00
7.04	Perno de A°G° DE 13mm Ø, provisto de tuerca y contrat., long. 254 mm	u	30	S/	8,00	S/	240,00
7.05	Perno con ojal, de A°G° de 16mm Ø, provisto de tuerca y contrat., long. 203 mm	u	30	S/	9,14	S/	274,20
7.06	Perno con ojal, de A°G° de 16mm Ø, provisto de tuerca y contrat., long. 254 mm	u	30	S/	10,58	S/	317,40
7.07	Tuerca-ojal de A°G° para perno de 16 mmØ	u	10	S/	7,89	S/	78,90
7.08	Fleje de acero inoxidable de 19 mm provisto de hebilla, 40 cm longitud	u	10	S/	5,96	S/	59,60
7.09	Arandela cuadrada curva de 57x57 mm, agujero de 18mmØ	u	75	S/	1,89	S/	141,75
7.10	Caja de derivación para acometidas, sistema 220 V (10 borneras en caja barra de Cu)	u	75	S/	176,00	S/	13 200,00
7.11	Portalínea unipolar de A°G°, provisto de PIN de 10 mm Ø	u	70	S/	4,12	S/	288,40
7.12	Señal de peligro	u	15	S/	9,00	S/	135,00
7.13	Señal de numeración de estructuras	u	15	S/	5,20	S/	78,00
SUB TOTAL							S/ 15 825,45
8.00	PUESTA A TIERRA						
8.01	Electrodo de acero recubierto de cobre de 16 mm Ø x 2,40 m	u	18	S/	42,00	S/	756,00
8.02	Conector bimetalico para Al 25 mm² y cobre de 16mm², tipo cuña	u	18	S/	7,20	S/	129,60
8.03	Conector de bronce para electrodo de 16 mm Ø y conductor de cobre 16 mm²	u	18	S/	6,00	S/	108,00
8.04	Saco bentonita sódica 35kg	saco	20	S/	24,00	S/	480,00
8.05	Cubierta aislante de puesta a tierra	u	15	S/	6,50	S/	97,50
SUB TOTAL							S/ 1 571,10
9.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS						
9.01	Tubo de A°G° standard / redondo de 25mm x 1,5mm x 2,5m, provisto de codo	u	55	S/	79,45	S/	4 369,75
9.02	Armella tirafondo de 10mm f x 64mm de longitud	u	20	S/	1,10	S/	22,00
9.03	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x 50 mm	u	20	S/	1,00	S/	20,00
9.04	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG	m	120	S/	1,00	S/	120,00
9.05	Conector bimetalico aislado para Al 25 mm²/Cu 4-10 mm², fase aislada, tipo perforación	u	56	S/	10,00	S/	560,00
9.06	Conector bimetalico aislado para Al 25 mm²/Cu 4-10 mm², neutro desnudo, tipo cuña	u	56	S/	4,00	S/	224,00
9.07	Templador de A°G°	u	112	S/	2,00	S/	224,00
9.08	Caja metálica portamedidos, equipado con interruptor termomagnético de 10 A	u	56	S/	75,40	S/	4 222,40
9.09	Medidor monof. de energía activa, tipo electrónico 220 V, 10-40 A, 60 Hz	u	56	S/	85,00	S/	4 760,00
SUB TOTAL							S/ 14 522,15
TOTAL MATERIALES DE RED SECUNDARIA							S/ 70 366,25

Tabla 26 Costos de materiales de red secundaria
Fuente: Elaboración propia

El costo total en soles de los materiales necesarios para instalar la red secundaria para la distribución de energía es de s/ 70 366,25.

4.13.3. Metrado y presupuesto de instalación y conexión de equipos

INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE EQUIPOS DE LA MINICENTRAL						
ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
1.00	INSTALACIÓN DE PANELES					
1.01	Instalación de estructura para paneles	u	4	S/ 10,00	S/ 40,00	
1.02	Instalación de paneles	u	36	S/ 12,00	S/ 432,00	
1.03	Conexión	u	36	S/ 1,00	S/ 36,00	
SUB TOTAL					S/ 508,00	
2.00	INSTALACIÓN DE REGULADORES					
2.01	Instalación de reguladores	u	2	S/ 8,00	S/ 16,00	
2.02	Conexión	u	2	S/ 1,00	S/ 2,00	
SUB TOTAL					S/ 18,00	
3.00	INSTALACIÓN DE INVERSORES					
3.01	Instalación de inversores	u	2	S/ 8,00	S/ 16,00	
3.02	Conexión	u	2	S/ 1,00	S/ 2,00	
SUB TOTAL					S/ 18,00	
4.00	INSTALACIÓN DE BATERÍAS					
4.01	Instalación de baterías	u	16	S/ 8,00	S/ 128,00	
4.02	Conexión	u	2	S/ 1,00	S/ 2,00	
SUB TOTAL					S/ 130,00	
TOTAL INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE EQUIPOS DE LA MINICENTRAL					S/ 674,00	

Tabla 27 Costos de instalación y conexión de equipos

Fuente: Elaboración propia

4.13.4. Metrado y presupuesto del montaje de la red secundaria

MONTAJE ELECTROMECÁNICO DE RED SECUNDARIA						
ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
1.00	INSTALACIÓN DE POSTES					
1.01	Transporte de postes	u	24	S/ 50,00	S/ 1 200,00	
1.02	Excavación de terreno	m³	30	S/ 35,00	S/ 1 050,00	
1.03	Izaje de postes	u	24	S/ 50,00	S/ 1 200,00	
SUB TOTAL					S/ 3 450,00	
2.00	INSTALACIÓN DE RETENIDAS					
2.01	Excavación de terreno	m³	25	S/ 65,00	S/ 1 625,00	
2.02	Instalación de retenida	u	8	S/ 52,00	S/ 416,00	
2.03	Relleno y compactación de bloque de anclaje	m³	30	S/ 61,00	S/ 1 830,00	
SUB TOTAL					S/ 3 871,00	
3.00	MONTAJE DE ARMADOS					
3.01	Armado tipo E1/S sin caja de derivación para acometida	u	18	S/ 18,00	S/ 324,00	
3.02	Armado tipo E3/S sin caja de derivación para acometida	u	3	S/ 24,00	S/ 72,00	
SUB TOTAL					S/ 396,00	
4.00	MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES					
4.01	Conductor autoportante de Al 3x25+16/25 mm²	km	0,754	S/ 623,84	S/ 470,38	
SUB TOTAL					S/ 470,38	
5.00	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA					
5.01	Excavación de terreno	m³	20	S/ 50,00	S/ 1 000,00	
5.02	Instalación de puesta a tierra en poste de concreto	u	20	S/ 30,00	S/ 600,00	
5.03	Relleno y compactación de puesta a tierra	m³	22	S/ 50,00	S/ 1 100,00	
SUB TOTAL					S/ 2 700,00	
6.00	PASTORALES, LUMINARIAS Y LÁMPARAS					
6.01	Instalación de pastoral de A° G°	u	16	S/ 20,00	S/ 320,00	
6.02	Instalación de luminaria y lámpara	u	16	S/ 33,51	S/ 536,16	
SUB TOTAL					S/ 856,16	
7.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS					
7.01	Conexión de acometida domiciliaria configuración corta	u	5	S/ 35,00	S/ 175,00	
7.02	Conexión de acometida domiciliaria configuración larga	u	40	S/ 41,50	S/ 1 660,00	
7.03	Instalación de medidor de energía activa electrónico	u	45	S/ 10,94	S/ 492,30	
7.04	Contraste de medidor monofásico de energía activa - electrónico	u	45	S/ 20,00	S/ 900,00	
SUB TOTAL					3227,3	
8.00	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO					
8.01	Pruebas y puesta en servicio	loc	1	S/ 450,38	S/ 450,38	
8.02	Expediente técnico conforme a la obra de red secundaria + CD	u	1	S/ 150,00	S/ 150,00	
SUB TOTAL					S/ 600,38	
TOTAL MONTAJE ELECTROMECÁNICO DE RED SECUNDARIA					S/ 15 571,22	

Tabla 28 Costos de montaje de red secundaria

Fuente: Elaboración propia

El costo total en soles del montaje electromecánico de la red secundaria para la distribución de energía es de s/ 15 757,54.

4.13.5. Resumen general

RESUMEN GENERAL		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
1	EQUIPOS DE LA MINICENTRAL	S/ 121 236,12
2	MATERIALES DE RED SECUNDARIA	S/ 70 366,25
3	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE RED SECUNDARIA	S/ 15 571,22
4	INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE LA MINICENTRAL	S/ 674,00
TOTAL COSTO DIRECTO		S/ 207 847,59
5	Gastos generales (10%)	S/ 20 784,76
6	Utilidades (10 %)	S/ 20 784,76
TOTAL COSTO SIN I.G.V		S/ 249 417,10

Tabla 29 Resumen general de costos de la minicentral

Fuente: Elaboración propia

El costo total directo de la minicentral sin considerar I.G.V. es de S/ 249 417,10.

4.13.6. Mantenimiento

Este equivale al 0,4% de la inversión total

$$\text{Costo mantenimiento} = 0.004 * 249\ 417,10 = S/997,67$$

4.13.7. Ingresos

• Costo de kW generado:

Se usó el cálculo LCOE, esta fórmula sirve para establecer el precio por kWh que genera la minicentral:

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

t = vida estimada de instalación. 20 años

i = inversión inicial. 249 417,10 soles

Mt = costes de operación y mantenimiento. 997,67 soles

E = energía generada durante la vida del sistema (20 años). 1 667 080 kWh

r = tasa de descuento. 12 %

$$LCOE = \frac{\frac{S/249\,417,10 + S/997,67}{(1 + 0,12)^1} + \dots + \frac{S/249\,417,10 + S/997,67}{(1 + 0,12)^{20}}}{\frac{1\,667\,080\text{ kWh}}{(1 + 0,12)^1} + \dots + \frac{1\,667\,080\text{ kWh}}{(1 + 0,12)^{20}}}$$

LCOE = 0,8 soles x kWh

AÑO	Máxima demanda kW	Consumo total kWh	Ingreso por venta de energía
2022	8,455	14 813	S/ 11 850,40
2023	8,455	14 813	S/ 11 850,40
2024	8,583	15 037	S/ 12 029,60
2025	8,713	15 265	S/ 12 212,00
2026	8,846	15 498	S/ 12 398,40
2027	8,982	15 736	S/ 12 588,80
2028	9,281	16 261	S/ 13 008,80
2029	9,423	16 508	S/ 13 206,40
2030	9,567	16 761	S/ 13 408,80
2031	9,713	17 018	S/ 13 614,40
2032	9,863	17 280	S/ 13 824,00
2033	10,016	17 548	S/ 14 038,40
2034	10,172	17 822	S/ 14 257,60
2035	10,492	18 383	S/ 14 706,40
2036	10,655	18 667	S/ 14 933,60
2037	10,82	18 957	S/ 15 165,60
2038	10,989	19 253	S/ 15 402,40
2039	11,161	19 554	S/ 15 643,20
2040	11,337	19 862	S/ 15 889,60
2041	11,677	20 459	S/ 16 367,20
2042	11,86	20 779	S/ 16 623,20

Tabla 30 Cálculo del LCOE

Fuente: Elaboración propia

• **Bonos de carbono:**

“El Estado recompensa a las compañías privadas que efectúan planes de disminución de emisiones de gases contaminantes. Por tal motivo, las compañías contribuyen a la mejora de la calidad ambiental. Esta remuneración es de \$1000 tonelada de CO₂”. [19]

Consumo Anual (kWh)	Factor de conversión	kg de CO2
14813	0,385	5703,01

Toneladas de CO2	Pago (\$1000 por tonelada)
5,7	S/ 22 583,9

Estos son los ingresos anuales para la minicentral por reducción de gases contaminantes.

4.13.8. Valoración del proyecto

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
EGRESOS	-S/ 249 417,1	-S/ 997,67																			
INVERSIÓN	-S/ 249 417,1																				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		-S/ 997,67																			
INGRESOS		S/ 34 449,11	S/ 34 628,54	S/ 35 152,68	S/ 35 686,92	S/ 36 232,79	S/ 37 016,17	S/ 38 014,43	S/ 38 593,66	S/ 39 185,24	S/ 39 786,92	S/ 40 401,04	S/ 40 620,51	S/ 41 478,46	S/ 42 123,69	S/ 43 211,28	S/ 43 881,36	S/ 44 564,60	S/ 45 262,59	S/ 46 199,69	S/ 46 925,58
VENTA DE ENERGIA		S/ 11 865,21	S/ 12 044,64	S/ 12 227,27	S/ 12 413,90	S/ 12 604,54	S/ 13 025,06	S/ 13 222,91	S/ 13 425,56	S/ 13 631,42	S/ 13 841,28	S/ 14 055,95	S/ 14 275,42	S/ 14 724,78	S/ 14 952,27	S/ 15 184,56	S/ 15 421,65	S/ 15 662,75	S/ 15 909,46	S/ 16 387,66	S/ 16 643,98
BONO CO₂		S/ 22 583,90	S/ 22 583,90	S/ 22 925,41	S/ 23 273,02	S/ 23 628,25	S/ 23 991,11	S/ 24 791,52	S/ 25 168,10	S/ 25 553,82	S/ 25 945,64	S/ 26 345,09	S/ 26 345,09	S/ 26 753,68	S/ 27 171,42	S/ 28 026,72	S/ 28 459,71	S/ 28 901,84	S/ 29 353,12	S/ 29 812,03	S/ 30 281,61
BENEFICIO	-249 417,10	S/ 33 451,44	S/ 33 630,87	S/ 34 155,01	S/ 34 689,25	S/ 35 235,12	S/ 36 018,50	S/ 37 016,76	S/ 37 595,99	S/ 38 187,57	S/ 38 789,25	S/ 39 403,37	S/ 39 622,84	S/ 40 480,80	S/ 41 126,02	S/ 42 213,61	S/ 42 883,69	S/ 43 566,93	S/ 44 264,92	S/ 45 202,02	S/ 45 927,92

Tabla 31 Cálculo de VAN y TIR

Fuente: Elaboración propia

VAN	S/ 26 055,88
TIR	14%

Los resultados de los indicadores económico, a una tasa de interés de 12%, VAN: S/ 26 055,88 y TIR: 14%, esto nos indica que el proyecto es rentable en un plazo de 20 años, en ese lapso de tiempo se recuperó la inversión inicial.

5. CONCLUSIONES

- Se cuantificó la demanda energética proyectada de las viviendas que conforman el caserío, el colegio y la capilla, el cual es un total de 20 779 kWh/año, para los cálculos de esta investigación se trabajó con el consumo diario 56,93 kWh/día en el año 20; y la máxima demanda 11,86 kW; todo esto teniendo en cuenta un periodo de 20 años.
- Los datos de la irradiación mensual promedio de la zona se obtuvieron a través del software RETSCREEN, el cual utiliza datos satelitales de la NASA, dio un total de 5,58 kWh/m² al día en promedio y 6,66 kWh/m² en el mes de marzo, siendo este último el más alto, sin embargo, para la realización de los cálculos de la investigación se trabajó con la irradiación más baja, la cual es del mes de julio con 4,57 kWh/m².
- La minicentral solar fotovoltaica está compuesta por 36 paneles, los cuales 2 estarán conectados en serie y 18 en paralelo, de 24 V y 510 Wp de potencia cada uno, 2 inversores de 48 V y 200 A, 2 reguladores de 48 V y 120 A, y 16 baterías de acumuladores de 12 V y 1 500 Ah de capacidad. Este número de equipos se calculó de acuerdo al consumo del año 20 de la instalación.
- Para el diseño la red de baja tensión, se tuvo en cuenta el CNE y las normas técnicas pertinentes del MINEM. Para la distribución de la electricidad se seleccionó el conductor autoportante AAAC 1x25, así mismo, se hicieron cálculos de esfuerzos del conductor utilizando hipótesis, vano básico (34 m), flecha máxima (0,16 m) y caídas de tensión ($\Delta V\%_{m\acute{a}x}$: 6,5).
- Se evaluó económicamente el proyecto, teniendo en cuenta los egresos: costos de equipos, materiales para la red secundaria y, el montaje de equipos y de la red secundaria; los ingresos: bono de carbono y precio del kWh. Este proyecto tiene un costo total de S/ 249 417,1, al hacer el análisis económico para una tasa de interés de 12%, los indicadores económicos tuvieron los siguientes resultados: VAN de S/ 26 055,88 y el TIR de 14%, esto hace rentable el proyecto.

6. RECOMENDACIONES

- Para el diseño de red de baja tensión se recomienda hacer cálculos más exhaustivos y con ayuda de software para que este tenga menores pérdidas y estas se puedan detectar con más facilidad, así como, cálculos mecánicos de estructuras y retenidas más detallados.
- En los sistemas fotovoltaicos actuales es recomendable vender energía a la red, esto debido a que la generación de energía no siempre es aprovechada y además esta puede ser una nueva fuente de ingreso.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. D. N. R. S. DELGADILLO, *ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA*, Bogotá, 2018.
- [2] E. H. SALAZAR, *PROTOTIPO DE VIVIENDA RURAL BIOCLIMATIZADA UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA ZONAS FRÍIDAS EN LA REGIÓN PUNO*, Juliaca, 2018.
- [3] J. R. GONZALES, *DISEÑO DE UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO NUEVO AMANECER, DISTRITO DE SAN IGNACIO, CAJAMARCA*, Chiclayo, 2018.
- [4] «AUTOSOLAR,» 14 SEPTIEMBRE 2021. [En línea]. Available: <https://autosolar.pe/blog/actualidad-de-energia-solar/peru-radacion-solar-mas-alta-de-todo-el-planeta>. [Último acceso: 2021 SEPTIEMBRE 25].
- [5] «REVISTA MINERÍA Y ENERGÍA,» 24 JULIO 2019. [En línea]. [Último acceso: 25 SEPTIEMBRE 2021].
- [6] «ACCIONA BUSINESS AS UNUSUAL,» 2020. [En línea]. Available: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894. [Último acceso: 18 Abril 2022].
- [7] «ENEL PERÚ,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar-y-como-funciona.html>. [Último acceso: 18 ABRIL 2022].
- [8] «IBERDROLA,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar>. [Último acceso: 18 ABRIL 2022].
- [9] F. D. D. AUGUSTO, “*DIMENSIONAMIENTO DE UNA MINICENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CENTRO POBLADO GUARRAGO UBICADO EN EL DISTRITO DE SÓCOTA, PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*”, LAMBAYEQUE, 2018.
- [1] OSINERGMIN, «OSINERGMIN,» Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/MapaSEIN/informes/proyectos/construccion/201801.pdf>. [Último acceso: Abril 2022].
- [1] «CELSIA,» 05 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.celsia.com/es/blog-1/celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/>. [Último acceso: Abril 2022].
- [1] C. Noya, «Forococheselectricos,» 02 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://forococheselectricos.com/2022/05/paneles-fotovoltaicos-transparentes-cuando-llegaran.html>. [Último acceso: 20 Mayo 2022].

- [1 D. NIELD, «science alert,» 04 FEBRERO 2020. [En línea]. Available: 3] <https://www.sciencealert.com/here-s-how-solar-panels-could-soon-be-generating-power-at-night>. [Último acceso: 20 MAYO 2022].
- [1 «Factor Energía,» 03 MARZO 2018. [En línea]. Available: 4] <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-un-inversor-solar/>. [Último acceso: 20 MAYO 2022].
- [1 «monsolar,» [En línea]. Available: <https://www.monsolar.com/fotovoltaica-5> aislada/reguladores-de-carga.html. [Último acceso: 20 MAYO 2022].
- [1 O. Planas, «Energía solar,» 10 SEPTIEMBRE 2021. [En línea]. Available: <https://solar-6> energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares. [Último acceso: 20 MAYO 2022].
- [1 M. D. E. Y. MINAS, «MINEM,» [En línea]. Available: 7] <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/R%20M%20%20y%20CNE%202011.pdf>. [Último acceso: 20 OCTUBRE 2022].
- [1 P. Ramirez. [En línea]. Available: <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-8> como-calcularlos/. [Último acceso: 20 MAYO 2022].
- [1 Y. I. H. SILVA, «DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-BIOMASA 9] PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR CAFETALERO DE CAMPO REDONDO-AMAZONAS,» CHICLAYO, 2021.
- [2 G. C. R. VIZCARRA, *DISEÑO DE UNA MINICENTRAL SOLAR TÉRMICA DE 200KVA 0] PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL AISLADA EN EL DISTRITO DE VÍTOR, AREQUIPA*, 2018.
- [2 E. C. LESKOW, «ENERGÍA ELÉCTRICA,» 15 JULIO 2021. [En línea]. Available: 1] <http://concepto.de/energia-electrica/>. [Último acceso: 10 NOVIEMBRE 2021].

ANEXOS

ANEXO 01: FICHA TÉCNICA PANEL FOTOVOLTAICO

Mono Multi Solutions

THE Vertex

BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE



500W+

MAXIMUM POWER OUTPUT

21.1%

MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

PRODUCTS

TSM-DE18M(II)

POWER RANGE

480-510W

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System



High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance Of System) cost, shorter payback time
- Lower guaranteed first year and annual degradation
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher return on Investment

High power up to 510W

- Large area cells based on 210mm silicon wafers and 1/3-cut cell technology
- Up to 21.1% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection

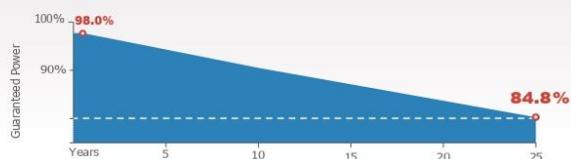
High reliability

- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load

High energy yield

- Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
- Lower temperature coefficient (-0.36%) and operating temperature

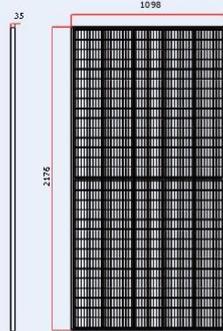
Trina Solar's VERTEX Backsheet Performance Warranty



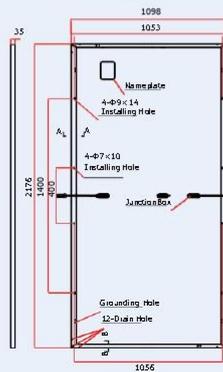


BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE

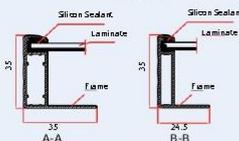
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



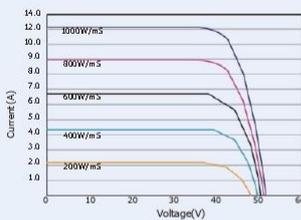
Front View



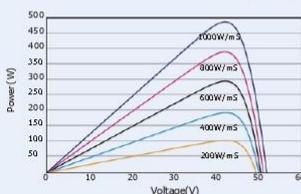
Back View



I-V CURVES OF PV MODULE(490 W)



P-V CURVES OF PV MODULE(490W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	480	485	490	495	500	510
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- V_{MPPT} (V)	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
Maximum Power Current- I_{MPPT} (A)	11.42	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	50.8	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.99	12.07	12.14	12.21	12.28	12.35
Module Efficiency η (%)	20.1	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: ±3%.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	363	367	371	375	379	382
Maximum Power Voltage- V_{MPPT} (V)	39.6	39.8	40.0	40.2	40.4	40.6
Maximum Power Current- I_{MPPT} (A)	9.15	9.20	9.26	9.32	9.37	9.43
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	48.0	48.2	48.4	48.6	48.8	49.0
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	9.65	9.72	9.77	9.83	9.89	9.94

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	150 cells
Module Dimensions	2176 × 1098 × 35 mm (85.67 × 43.23 × 1.38 inches)
Weight	26.3 kg (58.0 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mmS (0.006 inchesS), Portrait: N 280mm/P 280mm(11.02/11.02inches) Landscape: N 1400 mm/P 1400 mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NMOT(Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.36%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.26%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 30 pieces
Modules per 40' container: 600 pieces



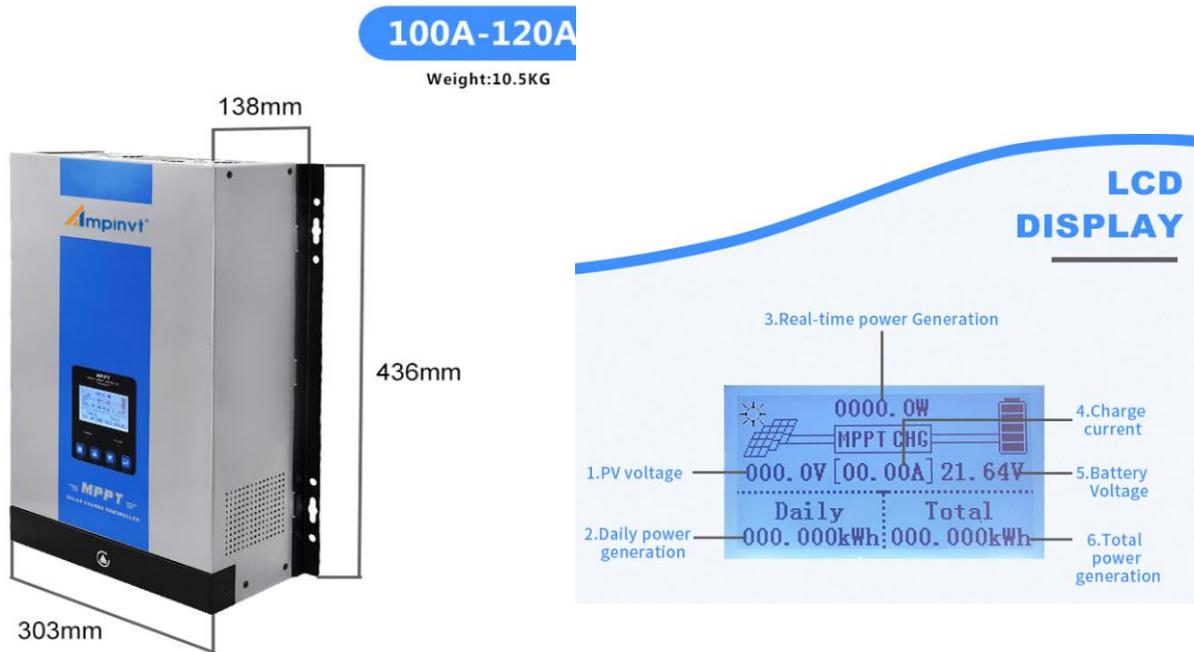
CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2020 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM_EN_2020_A

www.trinasolar.com

ANEXO 02: FICHA TÉCNICA REGULADOR DE CARGA





No	Name	No	Name
1	LCD Display	5	Wiring Plate
2	Charging indicator light	6	Down
3	Function Menu	7	Enter
4	UP	8	DC load indicator light

● indicator light State Description

Name	State	Description
Charging indication	Flashing	Maximum power tracking mode charging
	Low Flashing	Float charging mode
	Putout	Stop charging
DC Load indicator light	lighting	Normal output
	Flashing	Battery undervoltage indication
	Putout	Stop output

Model : 50A/60A/80A/ 100A/120A Series	50A	60A	80A	100A	120A
Charging mode	MPPT automatic maximum power point tracking				
Charging method	Three stages: Constant current charging(MPPT),Equalizing charging, float charging				
System Type	12V/24V 36V/48V/96V	Automatical recognition / Manual setting			
System identification voltage range	12V System	DC9V-DC15V			
	24V System	DC18V-DC30V			
	36V System	DC27V-DC45V			
	48V System	DC36V-DC60V			
Quiescent dissipation	12V/24V 36V/48V/96V	≤2W			
	12V/24V 36V/48V/96V	≥96.5%			
Overall Unit efficiency	12V/24V 36V/48V/96V	≥96.5%			
Photovoltaic module utilization ratio	12V/24V 36V/48V/96V	≤99%			
Input Characteristics					
MPPT Working voltage range	12V System	DC18V-DC80V			
	24V System	DC30V-DC100V			
	36V System	DC40V-DC100V			
	48V System	DC65V-DC150V			
	96V System	DC120V-DC200V			

Maximum solar input power	12V System	700W	900W	1100W	1400W	1800W
	24V System	1400W	1700W	2200W	2800W	3400W
	36V System	2100W	2700W	3600W	4200W	5400W
	48V System	2800W	3400W	4500W	5600W	6800W
	96V System	5600W	7200W	9000W	11200W	14400W
Output Characteristics						
Optional battery type (default lead-acid-free maintenance-free battery)	12V/24V 36V/48V/96V	Sealed lead acid, Gel, NiCd battery or User-Defined)				
Floating charging voltage (lead acid battery)	12V System	13.8V(Customizable floating charge voltage)				
	24V System	27.6V(Customizable floating charge voltage)				
	36V System	41.4V(Customizable floating charge voltage)				
	48V System	55.2V(Customizable floating charge voltage)				
	96V System	110.4V(Customizable floating charge voltage)				
Average charge voltage (lead acid battery)	12V System	14.4V(Customizable floating charge voltage)				
	24V System	28.8V(Customizable floating charge voltage)				
	36V System	43.2V(Customizable floating charge voltage)				
	48V System	57.6V(Customizable floating charge voltage)				
	96V System	115.2V(Customizable floating charge voltage)				
Rated current	12V/24V 36V/48V/96V	50A	60A	80A	100A	120A
Current-limiting protection	12V/24V 36V/48V/96V	52A	62A	82A	102A	122A
Temperature coefficient	12V/24V 36V/48V/96V	±0.02%/°C				
Auto temperature compensation	12V/24V 36V/48V/96V	-4mV/°C				

ANEXO 03: FICHA TÉCNICA DE INVERSOR

Inversor/cargador Quattro

3kVA - 15kVA

compatible con baterías de Lito-Ion

www.victronenergy.com



Quattro
48/5000/70-100/100

Dos entradas CA con conmutador de transferencia Integrado

El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, por ejemplo a la toma de puerto o a un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la funcionalidad "no-break" (sin interrupción). El Quattro se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del Quattro tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 unidades Quattro pueden funcionar en paralelo. Seis unidades 48/10000/140, por ejemplo, darán una potencia de salida de 48kW / 60kVA y una capacidad de carga de 840 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Se pueden configurar tres unidades para salida trifásica. Pero eso no es todo: hasta 6 grupos de tres unidades pueden conectarse en paralelo para lograr una potencia del inversor de 144 kW/180 kVA y más de 2500 A de capacidad de carga.

PowerControl - En caso de potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

El Quattro es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la toma de puerto (hasta 16 A por cada Quattro de 5 kVA a 230 VCA). Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas CA. Entonces, el Quattro tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red eléctrica.

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí				
Conmutador de transferencia integrado	Sí				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CARGADOR					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm. ² (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emissiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antiisla	Visite nuestra página web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita					
2) Claves de protección:					
a) cortocircuito de salida					
b) sobrecarga					
c) tensión de la batería demasiado alta					
d) tensión de la batería demasiado baja					
h) temperatura demasiado alta					
f) 230 VCA en la salida del inversor					
q) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					
3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1					
4) A 25 ° C de temperatura ambiente					
5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible					
6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como función de alarma general, subtenisión CC o arranque del generador					
Capacidad nominal CA 230 V/4 A					
Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC					

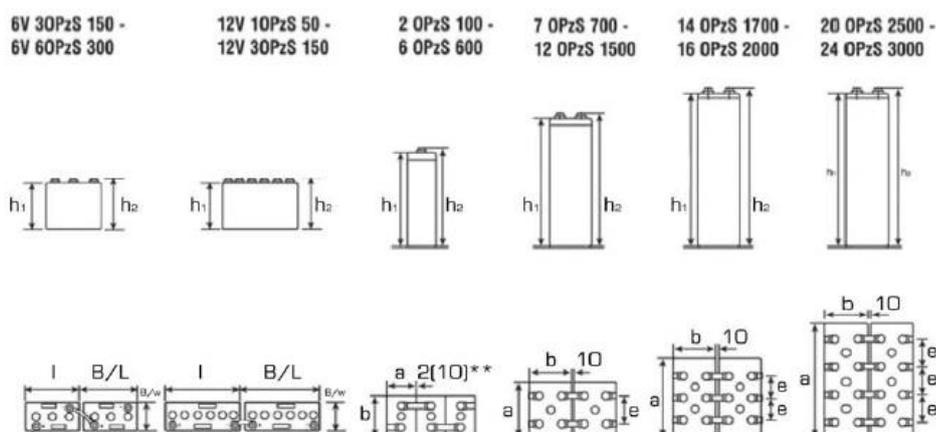
ANEXO 04: FICHA TÉCNICA DE BATERÍAS

Sunlight gama OPzS

ACUMULADORES ▶ BATERÍAS ESTACIONARIAS



Baterías estacionarias de alta calidad
y funcionamiento para instalaciones



** (para el OPzS 600)

Modelo	Capacidad		Peso (Kg)		Dimensiones (mm)					Vol. Electrolyto
	Tamaño (Ah)	[Ah] C10,V /Cell 1.80	Con electrolito	Sin electrolito	A	B	H1	H2	E	Volumen electrolito separado (lt)
4 OPzS 200	50	200	17.5	13.0	103	206	355	380		3.6
5 OPzS 250	50	250	21.4	15.4	124	206	355	380		4.8
6 OPzS 300	50	300	25.7	18.5	145	206	355	380		5.8
5 OPzS 350	70	350	28.4	20.7	124	206	471	496		6.2
6 OPzS 420	70	420	33.5	24.3	145	206	471	496		7.4
7 OPzS 490	70	490	38.6	27.9	166	206	471	496		8.6
6 OPzS 600	100	600	45.8	33.0	145	206	646	671		10.3
8 OPzS 800	100	800	63.8	46.8	191	210	646	671	80	13.7
10 OPzS 1000	100	1000	78.2	57.3	233	210	646	671	110	16.9
12 OPzS 1200	100	1200	91.3	66.2	275	210	646	671	140	20.2
12 OPzS 1500	125	1500	115.1	81.1	275	210	796	821	140	27.4
16 OPzS 2000	125	2000	154.5	108.8	397	212	772	797	2x110	36.9
20 OPzS 2500	125	2500	201.0	135.0	487	212	772	797	3x110	53.2
24 OPzS 3000	125	3000	230.0	158.0	576	212	772	797	3x140	58.1

ANEXO 05: MODELO DE ENCUESTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



ENCUESTA

Encuestador: Damián Panta, Aldo

TESIS: DISEÑO DE UNA MINICENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LOS REYNOSA – TÚCUME

Nombre: _____

Ocupación: _____

Edad: _____ años

1. ¿Cuántas personas viven en su vivienda?

- a) 2
- b) 3
- c) 4
- d) 5
- e) Otro: ____

2. ¿Cuenta con energía eléctrica?

- a) Sí
- b) No

3. ¿Qué equipos electrónicos cuenta su vivienda?

- a) Televisor
- b) Radio
- c) Celular
- d) Refrigerador
- e) Microondas
- f) Laptop
- g) Equipo de sonido
- h) Ventilador
- i) Otro: _____

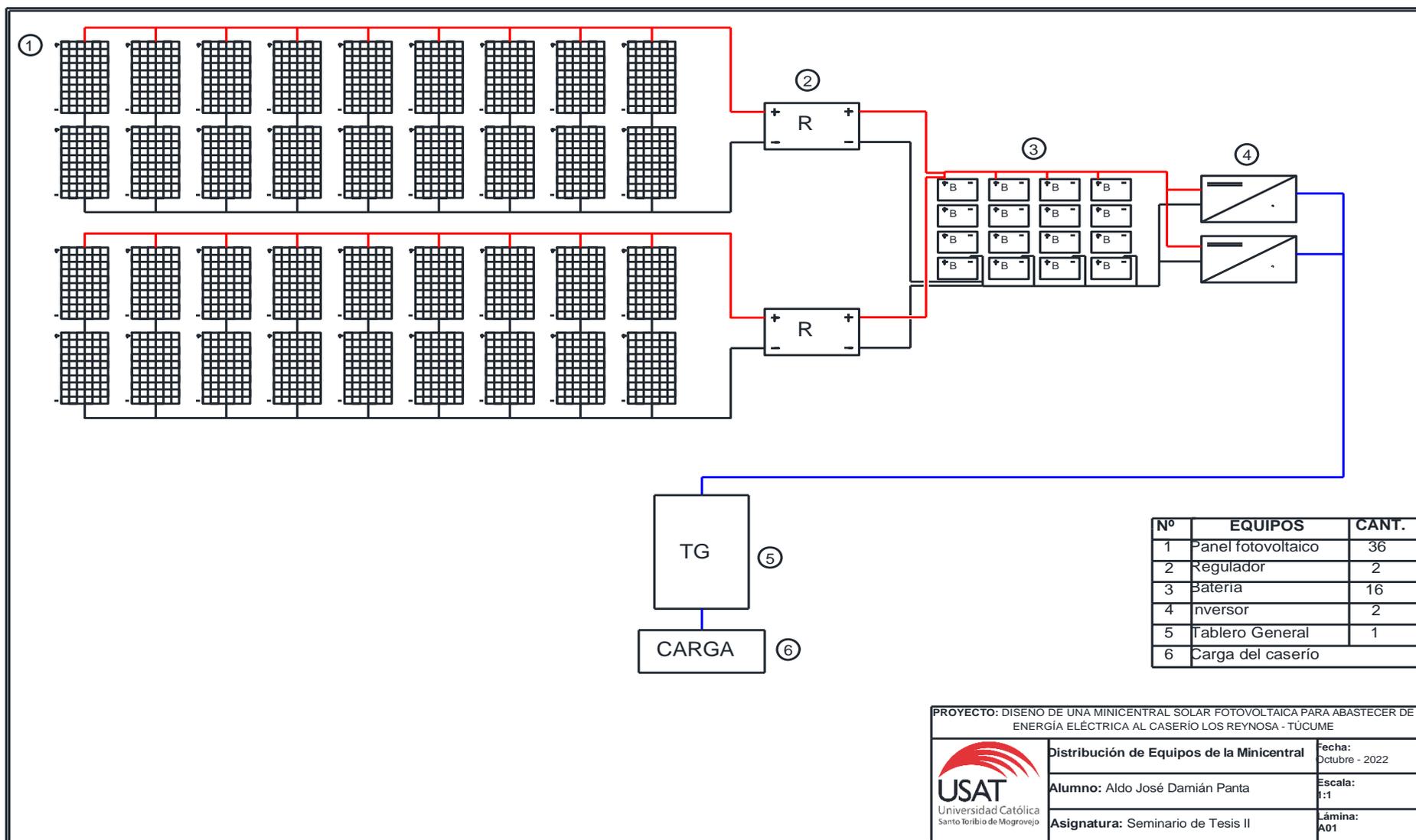
4. ¿Cuántas luminarias tiene su vivienda?

- a) 3
- b) 4
- c) 5
- d) 6
- e) Otro: _____

ANEXO 06: CASERÍO



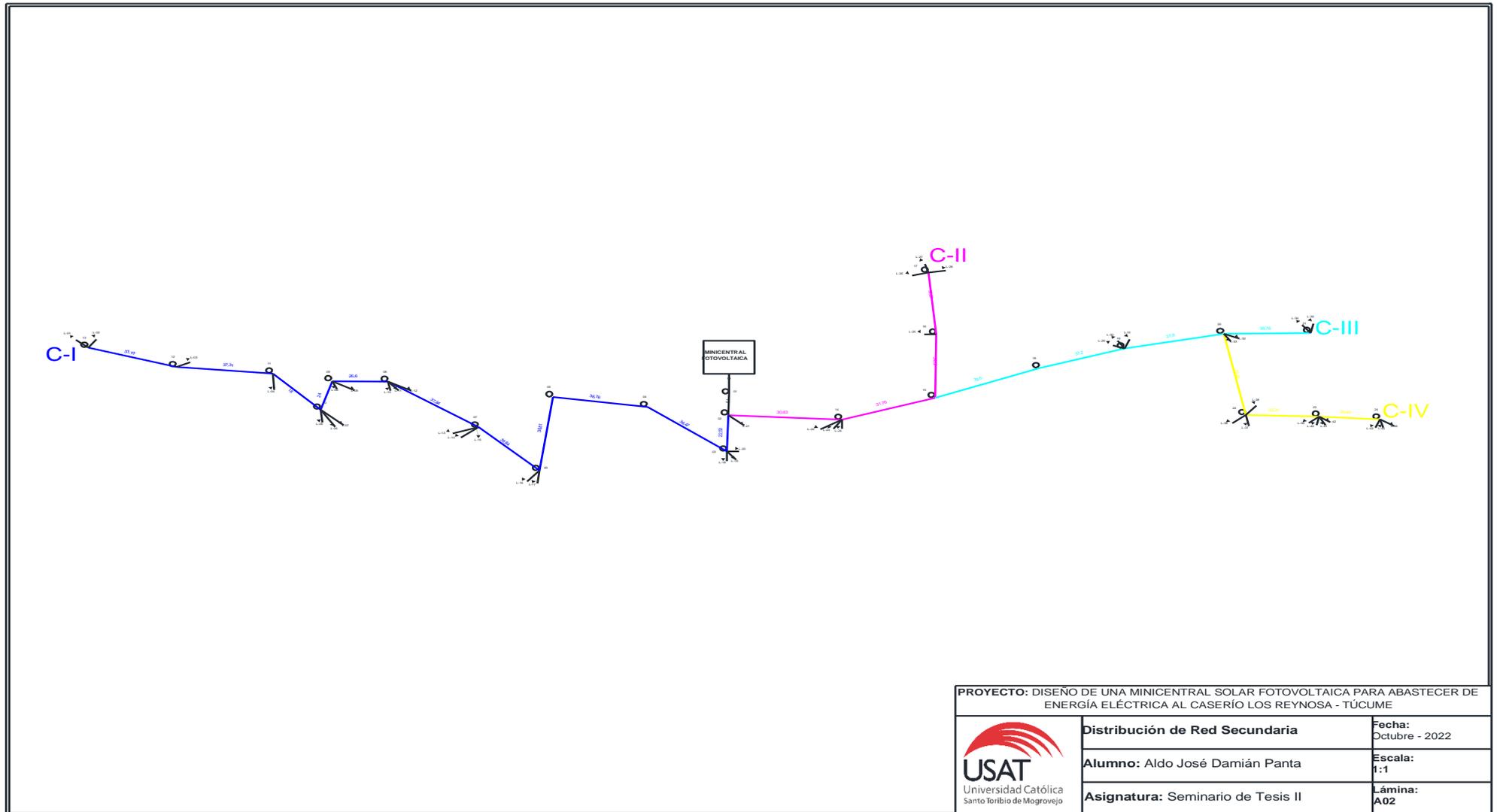
ANEXO 07: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE LA MINICENTRAL



PROYECTO: DISEÑO DE UNA MINICENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LOS REYNOSA - TUCUME

 <p>USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo</p>	Distribución de Equipos de la Minicentral	Fecha: Octubre - 2022
	Alumno: Aldo José Damián Panta	Escala: 1:1
	Asignatura: Seminario de Tesis II	Lámina: A01

ANEXO 08: PLANO DE RED DE BAJA TENSIÓN



PROYECTO: DISEÑO DE UNA MINICENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LOS REYNOSA - TÚCUME		
 <p>USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo</p>	Distribución de Red Secundaria	Fecha: Octubre - 2022
	Alumno: Aldo José Damián Panta	Escala: 1:1
	Asignatura: Seminario de Tesis II	Lámina: A02