



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**

**Diseño de una Minicentral Eléctrica con Paneles Fotovoltaicos  
para el suministro de Energía, Centro poblado Totoras-Incahuasi-  
Lambayeque**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Saavedra Romero, Yofre Ramiro (ORCID: [0000-0002-4064-3444](https://orcid.org/0000-0002-4064-3444))

Vásquez Aguilar, Alex Alberto (ORCID: [0000-0002-6617-5773](https://orcid.org/0000-0002-6617-5773))

**ASESOR:**

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: [0000-0001-6743-6915](https://orcid.org/0000-0001-6743-6915))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO — PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A mi Dios por darme las fuerzas necesarias para hacer este sueño realidad, al apoyo incondicional de mis Padres JUSTO SAAVEDRA HUAMAN Y ROSALIA ROMERO SUAREZ, quienes con su esfuerzo y sacrificio han sabido brindarme la mejor herencia que uno como hijo puede recibir “La Educación” y a toda mi familia que siempre me apoyaron de una y otra forma.

Yofre Ramiro.

Dedicado a Dios por brindarme sabiduría y conocimiento para poder desarrollar este proyecto, a mi esposa Susy por estar apoyándome en cada paso que doy durante la formación de mi carrera profesional.

Alex Vásquez

## **Agradecimiento**

Dios por darme salud y fortaleza para salir adelante y culminar mis estudios. El más sincero agradecimiento reconociendo su grandeza a la Universidad César Vallejo en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y a sus Docentes que formaron parte de esta etapa de entrenamiento y superación personal, que se verá reflejada de la mejor manera en el campo ocupacional, siempre poniendo en alto el nombre de la institución.

Agradezco a mi compañero Alex Alberto Vásquez Aguilar.

Además, agradecer a todas las personas de una u otra forma nos brindaron su apoyo incondicional.

Yofre Ramiro

Primeramente, a Dios por Brindarme salud y bienestar, a la Universidad Cesar Vallejo por acogerme dentro de su alma mater y permitirme desarrollar como profesional. A mis padres por brindarme este regalo tan hermoso que es la educación. A mi esposa por estar apoyándome incondicionalmente durante el desarrollo de este proyecto, a mi hija que siempre estuvo brindando ánimos en cada sustentación que se realizaba durante el proceso de elaboración de tesis.

A mi compañero Yofre Saavedra y amigos por estar ahí en cada logro obtenido.

Alex Vásquez.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación. ....	14
3.2 Variables y operacionalización.....	14
3.3 Población, muestra y muestreo .....	16
3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	17
3.5 Procedimientos.....	18
3.6 Método para el análisis de datos.....	19
3.7 Aspectos éticos .....	19
IV. RESULTADOS .....	21
V. DISCUSIÓN .....	53
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS .....	66

## Índice de tablas

Tabla 1. Artículos éticos de la Universidad Cesar Vallejo. ....	20
Tabla 2. Datos relevantes del centro poblado de Totoras. ....	21
Tabla 3. Tipos de localidades. ....	23
Tabla 4. Identificación de los tipos de abonados dentro de la localidad. ....	24
Tabla 5. Demanda eléctrica de una vivienda promedio (abonado doméstico) de la localidad de Totoras. ....	25
Tabla 6. Cargas de los abonados comerciales. ....	26
Tabla 7. Demanda eléctrica de la escuela. ....	26
Tabla 8. Demanda eléctrica del centro de salud. ....	27
Tabla 9. Demanda eléctrica de la casa comunal. ....	27
Tabla 10. Proyección de la población y el número de viviendas. ....	30
Tabla 11. Proyección general de la demanda. ....	32
Tabla 12. Irradiación mensual en el centro poblado Totoras. ....	34
Tabla 13. Factor de inclinación en función de latitud. ....	37
Tabla 14. Valores mensuales de temperatura, viento y humedad relativa. ....	38
Tabla 15. Datos característicos del módulo fotovoltaico. ....	40
Tabla 16. Corrección de los parámetros de trabajo del módulo. ....	41
Tabla 17. Caída de tensión según cada tramo. ....	47
Tabla 18. Longitud por tramo. ....	47
Tabla 19. Sección por tramo. ....	48
Tabla 20. Costos de materiales para la minicentral. ....	48
Tabla 21. Costos de instalación de la minicentral. ....	49
Tabla 22. Costos de transportes del proyecto. ....	49
Tabla 23. Flujo neto efectivo. ....	51
Tabla 24. Análisis del VAN. ....	52
Tabla 25. Tabla de artefactos. ....	70

## Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 1.</i> Central fotovoltaica.....	15
<i>Figura 2.</i> Diagrama de los procedimientos de la investigación.....	19
<i>Figura 3.</i> Vista aérea del CC: PP de Totoras. ....	22
<i>Figura 4.</i> Vista de la distribución de las viviendas del caserío.....	22
<i>Figura 5.</i> Mapa del Atlas Solar del Perú. ....	33
<i>Figura 6.</i> Interfaz gráfica del software PVSyt. ....	34
<i>Figura 7.</i> Valores de irradiación global horizontal por mes.....	36
<i>Figura 8.</i> Distribución de paneles fotovoltaicos .....	43
<i>Figura 9.</i> Reguladores conectados a los paneles.....	44
<i>Figura 10.</i> Distribución de baterías.....	46

## Resumen

El presente trabajo se realizó con el objetivo de diseñar una Minicentral Eléctrica con Paneles Fotovoltaicos, para el suministro de Energía en el Centro poblado Totoras-Incahuasi-Lambayeque, para lo cual se aplicó una metodología de tipo aplicada con enfoque cuantitativo de nivel explicativa y diseño no experimental. Como resultado se obtuvo una demanda de 58 kW con una proyección en el horizonte a 20 años para el consumo de energía de 101, 893 kW/h – anual, cuya tasa de crecimiento poblacional fue 1.2 %, mientras que la tasa crecimiento de los consumos de energía fue 1.5%, por lo que el diseño del sistema fotovoltaico estuvo compuesto por 190 paneles solares, asimismo se necesitaron 4 grupos de 97 baterías en serie y 14 inversores, para lo cual se necesitará una área estima de 958.96mt<sup>2</sup> y una inversión de S/ 1,376 412.04. Se concluyó que la mini central eléctrica resultó eficiente para cubrir las demandas y requerimientos de la localidad rural, asimismo es rentable debido a que se recupera la inversión y costos de operación en un 17.61 % de acuerdo con análisis del TIR y un VAN de S/ 545 364.19.

**Palabras clave:** Diseño, minicentral eléctrica, paneles fotovoltaicos, consumo, demanda.

## **Abstract**

The present work was carried out with the objective of elaborating a design of a Mini Electric Power Plant with Photovoltaic Panels for the Supply of Energy, Totoras-Incahuasi-Lambayeque, for which was applied a methodology of type applied with quantitative approach of explanatory level and experimental design. As a result, a demand of 58 kW was obtained with a projection in the 20-year horizon for energy consumption of 101, 893 kWh - annual, whose population growth rate was 1.2%, while the growth rate of energy consumption was 1.5%, so the design of the photovoltaic system was composed of 190 solar panels, also 4 groups of 97 batteries in series and 14 inverters were needed, for which an estimated area of 958.96mt<sup>2</sup> will be needed, for which an investment of S/. 1 376 412,04 . It was concluded that the mini-power plant was efficient to cover the demands and requirements of the rural town, also it is profitable because the investment and operating costs are recovered in 17.61% according to NPV analysis.

**Keywords:** Design, mini-power plant, photovoltaic panels, consumption, demand.



## I. INTRODUCCIÓN

La necesidad del recurso eléctrico influye en las comunidades campesinas y separadas de castro urbano, limitando su desarrollo económico, social y el acceso óptimo de servicios públicos tanto de salud como de educación (Pietrosemoli & Rodríguez, 2019). Bajo este contexto se estima que actualmente existen 750 millones de personas sin accesibilidad a la prestación de energía eléctrica, que representan el 13% de población mundial, la cual se sitúa en zonas perturbadas por conflictos, siendo África el continente con más personas desconectadas, mientras que el Caribe, América latina y Asia sudoriental han logrado avances ya que su población esta electrificada en un 98% (Madrazo, 2021). No obstante, según la (Organización de la Naciones Unidas, 2021), la población que no tienen acceso al servicio de electricidad redujo de 1200 millones en el 2010 a 750 millones en el 2019, acelerándose la electrificación de áreas rurales gracias a políticas descentralizadas. Asimismo, el (Banco Mundial, 2021) indica que los países que cuentan con un coeficiente de electrificación alto son Argentina y Brasil, con un 100% y un 99,8 % respectivamente, seguido por Chile, Ecuador, Colombia y Perú, donde a nivel nacional, se presenta un coeficiente de electrificación del 98.3% en comparación al 7.7% en el año 1993.

Esto demuestra que en las últimas décadas se incrementó cuantiosamente el número de usuarios que disponen de este servicio tanto en el ámbito urbano como rural, teniendo un 96,01% de hogares alumbrados con el servicio eléctrico de la red pública, pero incluso con este gran avance, un 2.0% y 0.3% de hogares continúan iluminando sus casas con velas o lámparas de kerosene respectivamente. Además del total de hogares del sector rural, solo se encuentran conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) un 79,1%, por tanto un 20.9% de hogares restantes se hallan sin el servicio de energía eléctrica o pagan elevados precios por el servicio (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019). Esta situación es debido a la geografía que hace inviable un proyecto de electrificación, por lo cual se ha extendido la aplicación de diversas fuentes naturales de energía para abastecer a las comunidades rurales, donde la generación hidráulica encabeza la lista con un 69%, las fuentes térmicas

representan un 22% y las energías renovables eólica y solar 5%(Ministerio de Energía y Minas - MINEM, 2021). Por lo que, el Plan Nacional de Electrificación rural (PNER) se propuso para los años 2016-2025, incrementar la tasa de electrificación en áreas rurales, así como el proyecto de ley N° 173/2016 que tiene como objetivo de electrificar las áreas rurales mediante el uso de energía solar fotovoltaica (OSINERGMIN, 2016).

En Lambayeque existen caseríos aislados que no disponen de servicios básicos como saneamiento y electricidad, tal es el caso del caserío Totoras ubicado en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, donde habitan aproximadamente 700 personas, por lo que se necesita un proyecto de electrificación para impulsar el progreso de la comunidad para sacar provecho los beneficios de la energía como, mejor calidad de vida, calidad educativa y acceso a los servicios básicos. En base a lo indicado anteriormente se formula la pregunta de investigación ¿Cómo el diseño de una minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos permite suministrar energía al centro poblado Totoras-Incahuasi-Lambayeque? Bajo ese contexto, la presente investigación se justificó de manera social, en resolver el problema que afecta al centro poblado de Totoras, tal como es la carencia de acceso al suministro eléctrico, por lo que, se plantea la aplicación de la energía fotovoltaica generada por el sol como solución, que se espera traerá beneficios a largo plazo. La justificación en el ámbito metodológico se basó en el aporte de herramientas, técnicas y conocimiento, por lo que los sistemas fotovoltaicos y su implementación en áreas rurales, permite aportar a futuros proyectos, por otro lado, la investigación desde el enfoque ambiental se produce el uso energía al entorno de los pobladores, mientras que en la práctica se presenta la observación del problema para brindar alternativas de solución.

Por otro lado, el objetivo general de esta investigación fue diseñar una minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos para el suministro de energía en el centro poblado Totoras–Incahuasi-Lambayeque. Los objetivos específicos fueron: Determinar la demanda de energía eléctrica de los pobladores de Totoras. Caracterizar las condiciones climatológicas de la localidad, Diseñar el sistema fotovoltaico y seleccionar los componentes. Realizar un análisis del costo beneficio del proyecto. La hipótesis de la investigación será la siguiente: el diseño

de una minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos permitirá suministrar energía a todo el centro poblado Totoras-Incahuasi-Lambayeque

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan trabajos realizados a nivel nacional donde abarca temas relacionados a las variables de estudio.

(Díaz, 2018) en su investigación titulada “Dimensionamiento de una minicentral solar fotovoltaica aislada para el suministro de energía eléctrica al centro poblado Guarrago ubicado en el distrito de Sókota, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca” de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, tuvo como principal objetivo dimensionar y seleccionar los equipos para una minicentral fotovoltaica, para abastecimiento de energía eléctrica en el centro poblado Guarrago, el cual se halla aislado del sistema eléctrico nacional. La investigación es del tipo aplicada, se tomó como población a los 214 habitantes del centro poblado, para el cual se determinó la demanda mediante encuestas y se proyectó para un horizonte de 20 años, concluyendo con el logro de los objetivos, caracterizando el recurso solar y dimensionando los equipos con un costo de S/. 468 736,87.

(Ventura, 2019) en su investigación de título “Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar con energía eléctrica al caserío Tolospampa, distrito Incahuasi, Ferreñafe, Lambayeque” de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, diseñó un sistema fotovoltaico con el fin de abastecer las demandas energéticas de los pobladores -del caserío de Tolospampa, que se encuentra a 2640 msnm en la región de Lambayeque, cuya geografía accidentada hacen difícil su accesibilidad; el tipo de investigación es no experimental – prospectiva transversal. Realizó una caracterización del lugar de estudio y registraron datos climatológicos del sitio, así como datos de población, número de viviendas, etc., así mismo se describió la teoría sobre centrales fotovoltaicas y sus componentes; el dimensionamiento de la central se hizo en función al tamaño de la demanda proyectada a 20 años, para después caracterizar el recurso solar de la localidad, como radiación diaria, velocidad del viento, temperatura, con la información recopilada se seleccionó los equipos como paneles, inversores, reguladores, baterías, finalmente se concluyó con una evaluación económica del costo de la mini central, cual fue de S/. 25867,25 y el costo de la red secundaria S/. 15796,18, el análisis de VAN y TIR arrojan resultados de -30586,74 y -4 % respectivamente, lo que indica que el

proyecto económicamente no es viable; con el rol subsidiario del estado en el proyecto, el costo del proyecto asciende S/. 3465,64 y el valor de TIR 37,17% haciendo viable el proyecto.

(Príncipe, 2019) en su investigación de título “Diseño del sistema fotovoltaico de 3 kW en zonas rurales de Socorro, Huarumpa y Yanuna del distrito de Paucas-Huari-Ancash” de la Universidad Tecnológica del Perú, diagnosticó la falta de infraestructura eléctrica para suministrar el recurso eléctrico a la zona de Socorro, la de Huarumpa y la de Yanuna; los problemas que se presentaron son las grandes distancias existentes entre las casas y la red existente, lo que afecta la productividad de los habitantes, al no tener herramientas tecnológicas que ayuden a mejorar sus actividades económicas y la posibilidad de comunicarse con otros poblados cercanos . El tipo de investigación usada en este trabajo es aplicado, diseñaron un sistema fotovoltaico que suministre electricidad a los tres centros poblados. La central fotovoltaica se diseñó con una potencia de 3kW, una tensión de 220 V, frecuencia de 60 Hz, para un consumo energético de 1648 kWh diarios, irradiación solar de 5.97 kWh/m<sup>2</sup>, con 6 días de autonomía para el mes crítico. Se concluyó que se dará una mejora de la calidad de vida de la población con la implementación del proyecto, el costo del proyecto (incluyendo el sistema fotovoltaico y redes secundarias) fue de S/. 11327 de inversión, más una reinversión en el décimo año de S/. 277 40,40 por el cambio de baterías, El análisis VAN es negativo con un valor de -S/. 1 318 608,11, y un beneficio costo de 0,11 lo que indica que el proyecto no rentable económicamente. El autor aporta con su investigación, ofreciendo un procedimiento metódico, que ayuda a mantener una secuencia de cálculos y dimensionamiento.

(Vásquez, 2019) en su tesis de título “Dimensionamiento de un sistema eléctrico fotovoltaico aislado con PVSYST 6.7 en el centro poblado Boca Chinganaza en Condorcanqui-amazonas”, diseñó un sistema eléctrico usando paneles fotovoltaicos, para entregar energía eléctrica a los pobladores del CC. PP de Boca Chinganaza ubicado en Condorcanqui – Amazonas. El tipo de investigación usada en este trabajo fue aplicado con diseño no experimental. La medición del recurso solar se hizo mediante el software PVSYST, además se proyectó la demanda diaria en un periodo de 20 años, para esto se obtuvo un índice de

crecimiento población de 2,08%, con el cual se pudo estimar el número de habitantes a 20 años y número de viviendas; se dimensiono y selecciono los equipos en función de la demanda proyectada como el número de paneles, reguladores, inversores, baterías, conductores, etc. Concluyendo, se obtuvo la proyección del número con una tasa de crecimiento del 2.8% y se dimensionó el sistema fotovoltaico y la red secundaria conforme a la demanda y el potencial energético del sol en la localidad, con un costo del proyecto de S/ 228 535,92. Cabe destacar el uso del software PVSyst para dimensionamiento y desarrollo de sistemas fotovoltaicos, ya que ofrece de forma más detallada la data de radiación diaria, mensual o anual en comparación de los atlas solares otorgados por el Ministerio de Energía y Minas.

(Salazar, 2017) en su tesis de maestría de título “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecimiento eficiente de energía en el ámbito rural”, de la Universidad Nacional del Centro del Perú, propuso como mejorar los procesos que se siguen para la determinación de las dimensiones de los sistemas fotovoltaicos destinados al ámbito rural, así mismo tuvo como objetivo construir un módulo que proporciona 430 Wh, El tipo de investigación usado en este trabajo es aplicada y diseño experimental. Se logró diseñar un sistema fotovoltaico eficiente para la localidad rural, además mejoró el promedio de generación a 430 Wh, superando el 23 Wh del sistema otorgado por el MINEM, mejorando la calidad de vida de la población en áreas alejadas del país.

En el ámbito internacional, también se desarrollan investigaciones sobre la electrificación rural que pueden aportar nuevas metodologías o técnicas para el desarrollo de sistemas aislados de este tipo. En este apartado se tuvieron presente las siguientes investigaciones.

(Vélez, 2018) en su artículo de investigación de título “Estudio de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del cantón Chone, Manabí, Ecuador” tiene como objetivo demostrar la factibilidad del uso de un sistema fotovoltaico en la comunidad rural de Chona en Manabí, para garantizar el suministro energético, en función de alcanzar una mejor calidad del servicio de electricidad en zonas aisladas. El tipo de investigación usada en este

trabajo aplicado, enfoque descriptivo y un diseño no experimental. Se partió con la caracterización de la zona a electrificar, tomando datos como, ubicación, población, parámetros climáticos como perfil del viento y radiación solar, perfil energético, demanda eléctrica, etc. Para las conclusiones, se realizó un impacto socio económico del sistema fotovoltaico determinó que para este caso no era factible ampliar la red usando este sistema, existiendo alternativas más económicas.

(Ibrik, 2020) en su artículo de investigación “Sistemas solares fotovoltaicos de micro redes para el desarrollo rural y la agricultura sostenible en Palestina” describe el impacto que tiene el uso de sistemas de micro redes fotovoltaicos para la electrificación rural y fomentar el desarrollo de estas áreas debido al bajo costo de la tecnología fotovoltaica, además que la implementación de los sistemas fotovoltaicos mejora los servicios sociales ,comunales y agrarios, así mismo menciona la interrelación entre la energía, el agua y alimentos y como la disponibilidad energética sostenible garantiza la disponibilidad de agua, impactando positivamente en la productividad agrícola. El objetivo de la investigación realizar una evaluación de los impactos potenciales que pueden generar los sistemas fotovoltaicos en el desarrollo rural y la agricultura de Palestina, por el cual se evaluó el rendimiento de micro redes fotovoltaicas fuera de red de 6,2 kW y 9,6 kW para el riego y otros requerimientos para áreas de 4 y 5,5 hectáreas en el distrito de Dir Ammar y Al-Birin. Se concluyó que la implementación de sistemas fotovoltaicos es fiable y factible para el agro y desarrollo rural, además de disminuir la dependencia del Diésel y tener un impacto ambiental bajo.

(Wassie & Adaramola, 2020) en su artículo de investigación “Impactos socioeconómicos y ambientales de la electrificación rural con sistemas solares fotovoltaicos: evidencia del sur de Etiopía”, parte describiendo la problemática actual de la falta de electricidad como un obstáculo para el desarrollo económico de comunidades rurales. El estudio examina el impacto que tiene la electrificación con sistemas solares fotovoltaicos, partiendo de un estudio transversal de 605 hogares de áreas rurales de Etiopía y estudios en campo de 137 linternas solares; se aplicaron entrevistas, se aplicó el análisis de regresión lineal múltiple y

métodos econométricos para el análisis de la información. Como conclusiones se tuvo que la implementación de sistemas fotovoltaicos ayuda a reducir el consumo de 43,68 L de queroseno permitiendo que un hogar pueda ahorrar entre US\$ 65 y \$ 75, además de brindar acceso a la energía eléctrica entre 3 y 5 horas.

(Calcagnotto, 2020) es su investigación de título “Diseño de un sistema híbrido renovable para suministro de electricidad a una comunidad rural aislada en la zona del triángulo Ixil, Guatemala” cuyo objetivo principal fue diseñar un sistema híbrido eólico y fotovoltaico para suministrar electricidad a una población alejada del triángulo Ixil en Guatemala. La investigación es aplicada con un diseño experimental. Para el diseño del sistema híbrido, se simuló distintas configuraciones bajo ciertos parámetros como la carga eléctrica, la carga térmica y carga diferible, extensión de la red y el recurso, para hallar la más óptima con ayuda del software Homer Pro, también se realizó un análisis de factibilidad económica del proyecto. Como conclusiones se tuvo que el sistema híbrido es más rentable que extender la red eléctrica, y que más allá de la rentabilidad económica, la rentabilidad social, la soberanía energética lograda, ayuda a la población a desarrollarse y mejorar su calidad de vida. El uso de software, como el Homer pro, ayuda al diseño de las redes de distribución simulando el proceso de suministro, que nos brinda una aproximación real del funcionamiento del sistema y a mejorar posibles fallas del mismo.

(Gómez, 2018) en su investigación titulada “Diseño e implementación de viviendas rurales con energías verdes fotovoltaica y eólicas” tiene como objetivo evaluar las nuevas tendencias tecnológicas asociadas a las energías verdes que suministren energía para viviendas rurales en Chile. La investigación es del tipo aplicada, para esto, se investigó, analizó y proyectó el uso de estas energías renovables (eólico y fotovoltaico), se evaluó las condiciones que se deben cumplir para implementar estas tecnologías para fundamentar su uso en viviendas rurales; la investigación concluye que es factible el uso de estas tecnologías en viviendas rurales de Chile, mejorando la calidad eléctrica y generando ahorro con la disminución de consumo de la red pública.



Para dar sustento a la presente investigación, se consideran teorías de gran relevancia, los cuales se describen a continuación:

La electrificación rural, según la (Dirección General de Electrificación, 2020) la electrificación de zonas rural en el Perú presenta ciertas particularidades como: la lejanía y la poca accesibilidad de las localidades, el bajo consumo unitario, la dispersión de las viviendas y el bajo ingreso económico de sus pobladores, así mismo la deficiente (o inexistente en algunos casos) de infraestructura vial terminan aislando a estas comunidades, que por tal motivo cuentan con precarios establecimientos médicos, educativos o recreacionales e infraestructura sanitaria, por tal motivo, la electrificación rural no es atractivo para el sector privado, por su baja rentabilidad.

La matriz energética actual es variante y en su mayoría provienen de fuentes renovables, de todo el mercado eléctrico, exactamente el que más predomina es con hidroelectricidad con el 59% de generación, con gas el 31% de generación, los valores más bajos con residuos, carbón y diésel con el 5%, 3% y 2 % respectivamente (Tejada, 2020). Estas fuentes son un conjunto de energías renovables, por ende son inagotables y eficientes, asimismo tienen la cualidad de complementarse entre sí, lo que favorece su integración dentro del parque energético con un bajo impacto negativo en su entorno en comparación con las fuentes de energías convencionales como el carbón, petróleo, gas y nuclear (Domínguez et al., 2019).

Además Según la data del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, cada año se presenta un aumento de la aplicación del gas natural a lo que respecta del año anterior, y actualmente cubre el 22,5 % de todo el mercado peruano de energía debido a la baja contaminación que este provoca a comparación de sus pares fósiles constituidos de gas metano, el cual deja un impacto negativo debido a sus filtraciones (Ruiz & Mimbela, 2021). Por otro lado, la energía generada a partir de la potencia recibida del sol, representa la principal fuente energética del planeta, transformando la radiación producida por el sol en electricidad, esta provoca cambios en la temperatura de la atmosfera, causando corrientes de aire (Kurpaska et al., 2018).

También aporta a la fotosíntesis de muchas plantas que luego pueden ser fuente de biomasa y en la energía hidráulica, evaporando los mares generando el ciclo del agua que discurren por los ríos del mundo. Dentro del conjunto de energías renovables, sobresalen aquellas que tiene un mayor potencial y desarrollo tecnológico, la energía solar fotovoltaica, se obtiene directamente del sol, captando los rayos energéticos provenientes de la estrella. De esta fuente se puede extraer energía térmica y eléctrica, la primera se obtiene mediante el uso de captadores solares como espejos y helióstatos para calentar fluidos (Ramli et al., 2021).

La energía solar fotovoltaica es la transformación de la radiación que llegan en los rayos del sol en energía eléctrica, mediante un mecanismo físico conocido como efecto fotovoltaico, por el cual la radiación solar genera un grupo de electrones, los cuales se almacenan en baterías (Jáuregui, Beltrán & Domínguez, 2019). La ventaja de esta tecnología es su bajo impacto ambiental, su desarrollo tecnológico en comparación de otras tecnologías, y sus desventajas tenemos que para la producción de energía gran escala se necesitan grandes extensiones de tierras (González, 2019). La radiación del sol es el grupo de radiaciones electromagnéticas generadas por el Sol, el cual actúa como un cuerpo negro según los postulados de Planck que produce energía a 6000 K de temperatura de (Yang et al., 2021).

La radiación llega a la Tierra debilitada debido a la distancia existente entre el Sol y el planeta, sufriendo nuevamente una atenuación debido a la atmosfera que absorbe parte de esa radiación, llegando a la superficie una radiación aproximada de 1000 W/m<sup>2</sup> (Ordoñez, et. al, 2020). La radiación de forma directa es la radiación tomada del sol directamente, sin desviarse de su trayectoria, mientras que, la radiación difusa comprende la radiación que experimenta cambios en su trayectoria debido a la reflexión de elementos de la atmosfera que desvían los rayos del sol (Gómez-Ramírez, et al, 2017). La radiación albedo, es la radiación que se recibe por la reflexión de los rayos de la radiación directa y difusa (Kurpaska et al., 2018).

Panel Fotovoltaico o módulo fotovoltaico consiste en una superficie plana con un grupo de celdas que están fabricadas a partir de materiales semiconductores como el silicio, que, al incidir las partículas de la luz del sol (fotones) sobre las celdas, libera un flujo de electrones. Este fenómeno físico se conoce como el efecto fotovoltaico (Schmerler, et al., 2019). Los paneles fotovoltaicos se pueden clasificar según su composición en monocristalino, policristalino y amorfo (Zheng, Lin, Tang, Feng, & Wang, 2021). Los paneles fotovoltaicos monocristalino se caracterizan por un típico color azul uniforme, su forma octogonal y las conexiones de sus celdas son individuales, tiene un rendimiento teórico del 24%, y un rendimiento real que oscila entre 15 y 18 %; los paneles de celdas policristalinas se caracterizan por tener una superficie cristalizada y un color azul heterogéneo con tonos oscuros y claros, su rendimiento teórico es de un 20% y el real se halla en un 12 y 14%. Los cristales amorfos se caracterizan por su color marrón homogéneo de sus celdas.

El rendimiento de un módulo fotovoltaico se ve afectado por diversos factores como el material, si es mono cristalino o poli cristalino, siendo el primero más eficiente con un rango de 14 a 17,5%, aunque en la actualidad se estudian nuevos materiales que logran un 19,2% de eficiencia (Venkateswari & Sreejith, 2019).

Para la conexión de las celdas fotovoltaicas existen tres tipos de configuraciones más usadas como la conexión en serie que consiste en los terminales de cada celda se conectan de forma sucesiva, donde la terminal de salida de una celda se conecta a la de entrada de la continua celda; donde la conexión en paralelo consiste en que se conecten todos los terminales de las células uno al costado del otro a un punto de derivación en común (Rathore, Lal, Yettou, & Gama, 2021). La conexión mixta que es una combinación de las conexiones serie y paralelo, donde la tensión obtenida del sistema es la suma de los voltajes de las conexiones en serie y la corriente la suma de las conexiones en paralelo (Rúa-Ramírez et al., 2021)

Un sistema fotovoltaico se conforma de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que sirven para captar la energía generada del sol transformándola

en una fuente natural de energía eléctrica (Nader, Al-Kouz, & Al-Dahidi, 2020). El funcionamiento del sistema fotovoltaico empieza con la captura de la luz por medio de células del sol, donde se convierte a energía eléctrica aprovechable y se conduce al regulador de carga que está diseñado para enviar la energía eléctrica hasta las baterías donde se almacena cuidando que se generen posibles sobrecargas y sobre descargas (Fajardo, 2021).

Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en sistemas autónomos y sistemas conectados a red; los primeros se caracterizan por generar energía eléctrica para satisfacer cargas que están aisladas de la red; no requieren de un inversor si se alimentara la carga solo con corriente continua, en caso contrario si las cargas funcionan con corriente alterna se hará uso de un inversor, en cambio los sistemas fotovoltaicos conectados a red produce energía para ser inyectada a la red, se compone de un panel de celdas fotovoltaicas, inversor de carga DC/AC y elementos de protección eléctrica,. La energía generada por los paneles será consumida parcialmente, inyectando a la red la energía restante para su distribución.

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser usados para solucionar diferentes problemas, estas soluciones van desde pequeñas celdas que ofrecen 10 vatios para lámparas y pequeños sistemas de iluminación hasta sistemas de 130 vatios pico para hogares, incluso algunos alcanzan valores pico de 250 vatios (Ferón, 2016), existen investigaciones que estudian la rentabilidad económica de los sistemas descentralizados en los tejados de las viviendas de áreas urbanas, tomando factores como el área techada disponible, la demanda de energía, área requerida para la instalación y la radiación solar aprovechable (Ghosh, et al., 2014).

La aplicación de sistemas fotovoltaicos aislados en áreas rurales, es otro de las soluciones donde se puede observar el desempeño de esta tecnología, por lo que muchos países implementan esta tecnología en las poblaciones más alejadas o que no disponen de energía eléctrica, por lo que el buen dimensionamiento y control del rendimiento es esencial para la sostenibilidad del servicio, por lo que se desarrollan diversas configuraciones como la configuración HESS, que se

compone de más de un elemento de almacenamiento de energía como baterías y condensadores (Javed, et al., 2019).

El regulador de carga es un componente electrónico presente en los sistemas de generación fotovoltaica que tiene como función es realizar un proceso óptimo de carga de la batería, permitiendo que la batería se cargue completamente, protegiéndola de sobrecargas y sobre descargas (Constante, 2020).

Las baterías son elementos importantes dentro de una instalación fotovoltaica, cuya función es almacenar la energía eléctrica y asegura el suministro eléctrico a las cargas (Hlal, et al. 2019). Para sistemas aislados, según (Mcdonald,, 2020) anteriormente se usaban baterías de plomo – ácido, pero en la actualidad las baterías de litio han ganado terreno.

El inversor es un componente que tiene la función de convertir la corriente directa DC a corriente alterna AC para su uso en las viviendas (Simisterra, et al., 2018). El dimensionamiento del inversor es importante, ya que, que, dependiendo de su capacidad, se dicta cuantas string o cadenas de paneles se pueden conectar.

Según (Simisterra , et al., 2018) el VAN o valor actual neto es un criterio económico utilizado para evaluar propuestas de inversión, calculando el aumento del capital como resultado de un proyecto. Mientras que el TIR es otro criterio económico aplicado para tomar diferentes decisiones referentes en los proyectos de inversión, el cual consiste en la tasa de descuento que equivale al valor de los ingresos dentro del proyecto con la de los egresos.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación.

El presente estudio es de tipo aplicada, ya que está enfocada en resolver los problemas de una comunidad, región o país a través de medios aplicados como metodología, instrumentos, tecnología, en base al conocimiento científico. Tiene un enfoque cuantitativo, debido a que los procesos se relacionan con conteos numéricos y métodos matemáticos (Ñaupas et al., 2018). Por otro lado Según (López, 2021) la investigación es de nivel explicativa, porque aclara la relación entre fenómenos ya que se expondrá como el diseño de una minicentral fotovoltaica puede suministrar energía al centro poblado de Totoras.

Además, esta investigación es no experimental, por tener un control mínimo sobre las variables, en esta investigación se aplica un estímulo y se observa las consecuencias de éste en un grupo de control con una temporalidad transversal, ya que se recogen datos en un solo tiempo de estudio. El diseño trabajado es de pre prueba/post prueba (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

#### 3.2 Variables y operacionalización.

**Variable independiente:** minicentral eléctrica fotovoltaica.

**Definición conceptual:** Según (Constante, 2020), son instalaciones o agrupación de instalaciones solares donde se transforma la energía producida del sol en energía eléctrica utilizable, por medio de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos. En la Figura 1 se muestra cómo se compone una minicentral fotovoltaica.

**Definición operacional:** La energía del sol se capta y se aprovecha, transformándola por medio de celdas solares, para luego pasar por el regulador y finalmente a las baterías para su almacenamiento.

Dimensiones:

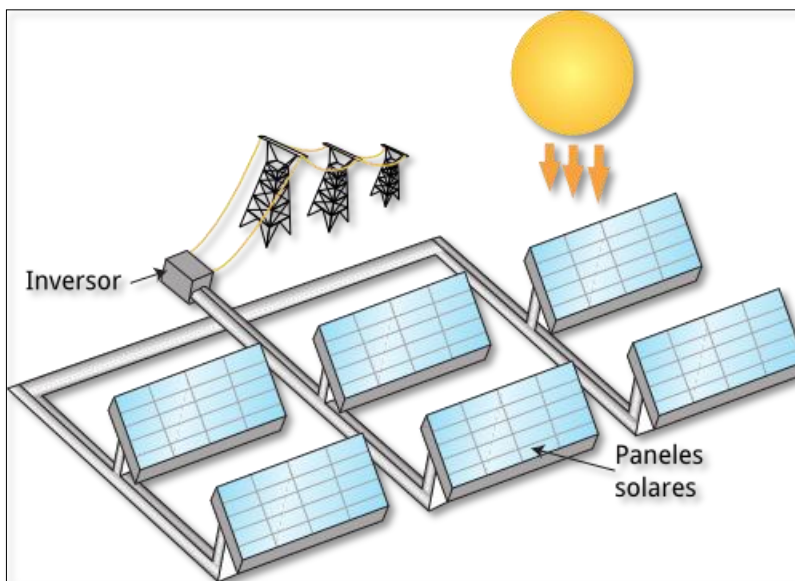
1. Demanda eléctrica de la población.

2. Caracterización del clima.
3. Diseño del sistema eléctrico.

Indicadores:

1. Cargas a suministrar.
2. Temperatura, radiación solar y velocidad del viento.
3. Potencia de celdas y conexión de celdas.

En la figura 1 se puede apreciar el concepto general de una central fotovoltaica.



*Figura 1.* Central fotovoltaica.

Fuente: recuperado de (Gómez, 2021)

**Variable dependiente:** suministro de energía del centro poblado de Totoras.

**Definición conceptual:** El Código Nacional de Electricidad define suministro eléctrico al conjunto de instalaciones que transportan la energía eléctrica de manera segura hasta el punto de entrega.

**Definición operacional:** El suministro eléctrico comprende un conjunto de elementos para la distribución de la energía, que tienen como objetivo llevar el fluido eléctrico mediante conductores, hacia las cargas que requieran la energía.

Dimensiones:

1. Potencia.

Indicadores:

1. Tensión y corriente.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

Según (Arias & Covinos, 2021) la población se puede definir como el total de elementos de estudio, que comparten ciertas características, por lo que se tomó las 110 viviendas del centro poblados de Totoras, del distrito de Incahuasi, Ferreñafe, Lambayeque.

Los criterios de inclusión para esta investigación son los siguientes: viviendas aledañas, inaccesibilidad al servicio de electricidad.

Los criterios de exclusión tomados para el estudio son: centros viviendas muy dispersas.

La muestra forma parte de la población que posee los rasgos básicos y necesarias para la investigación. La muestra estuvo conformada por 86 viviendas, para lo cual se utilizó un muestreo aleatorio simple para poblaciones finitas, cuya fórmula es:

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

Dónde:

n: tamaño de la muestra.

N: Población.

Z: nivel de confianza.

p: probabilidad a favor.

q: probabilidad en contra.

e: error.



$$n = \frac{110 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (110 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$
$$n = 86$$

El muestreo en esta investigación es muestreo probabilístico, aleatorio simple.

### **3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

Según (Ñaupas et al., 2018) las técnicas para la recolección de datos son un grupo de normas y procedimientos para ordenar un proceso para alcanzar un objetivo. Mientras que los instrumentos se pueden definir como el medio conceptual o tangible que permite recoger información.

**Técnicas:** las técnicas empleadas para el desarrollo para esta investigación fueron la observación y el análisis documental que se describen a continuación.

Observación: esta técnica usa el sentido de la vista para describir e identificar las causas de un problema (Freire, 2020).

Análisis documental: consiste en sustraer la información de documentos científicos, como artículos, libros, ensayos, tesis, con el fin de analizar y hallar relaciones entre los datos que sirvan de sustento para la investigación (García-Peñalvo, 2017).

Encuesta: según los autores (Arias & Covinos 2021) la encuesta es una técnica donde se aplica el instrumento llamado cuestionario. Esta técnica nos permite recoger datos mediante interrogantes al encuestado.

#### **Instrumentos**

Guía de observación: la guía de observación sirve para dirigir o encausar una investigación y medir una población preestablecida con variables e indicadores preestablecidos (Gonzales, 2018). En este caso, determinar el estado situacional del centro poblado, registrando información como: número de pobladores, número de viviendas, acceso a servicios básicos, datos climatológicos, geografía, etc.

Guía de análisis documental: consiste en un grupo de operaciones enfocadas en presentar el contenido de un documento de forma diferente que permita su recuperación e identificación. Esta investigación se tratará información de diversas fuentes, como libros, artículos de revistas, manuales, datos climatológicos de PVsyst, atlas solar del Perú, página oficial de INEI y SENAMHI.

Cuestionario: (Arias & Covinos 2021) lo definen como un instrumento de recolección de datos, que consiste en una tabla con interrogantes y posibles alternativas de respuesta que deben ser contestadas por el encuestado. Para esta investigación se aplicó un cuestionario para recolectar datos sobre la población, acceso al servicio eléctrico, demanda eléctrica y otros parámetros importantes.

Asimismo, es preciso mencionar que la validación del instrumento (anexo 3) fueron validados mediante el juicio de 3 expertos en el tema (anexo4), dejando constancia que el instrumento es correcto para su aplicación.

### **3.5 Procedimientos**

Para determinar la demanda eléctrica de los pobladores de la localidad de Totoras fue mediante la aplicación un cuestionario a un grupo de viviendas. Los datos como la latitud y longitud del sitio, el número de pobladores, número de viviendas, centros educativos, centros de salud, accesibilidad y servicios, se obtuvieron de la página de INEI de los centros poblados del Perú.

Asimismo, para determinar la caracterización de parámetros climáticos de la localidad, como: Los datos sobre temperatura del ambiente, perfil de velocidades del viento, radiación solar, horas de sol, geometría solar se obtendrán mediante la ayuda del software PVsyst, atlas solar del Perú y datos del SENAMHI.

El diseño de la minicentral se realizará en base a los resultados obtenidos anteriormente mencionados, se dimensionará el número de paneles fotovoltaicos. La conexión de los paneles seleccionada fue en serie-paralelo,

se dimensionarán los componentes del sistema como el regulador, número de baterías, inversor de carga, elementos de protección eléctrica.

Finalmente se procederá realizar una evaluación costo beneficio, con el propósito de fijar la factibilidad económica del proyecto de la minicentral, para ello se evaluará mediante los indicadores económicos VAN Y TIR.

En la figura 2, se puede apreciar los datos necesarios para poder llegar a realizar la evaluación económica de forma correcta.

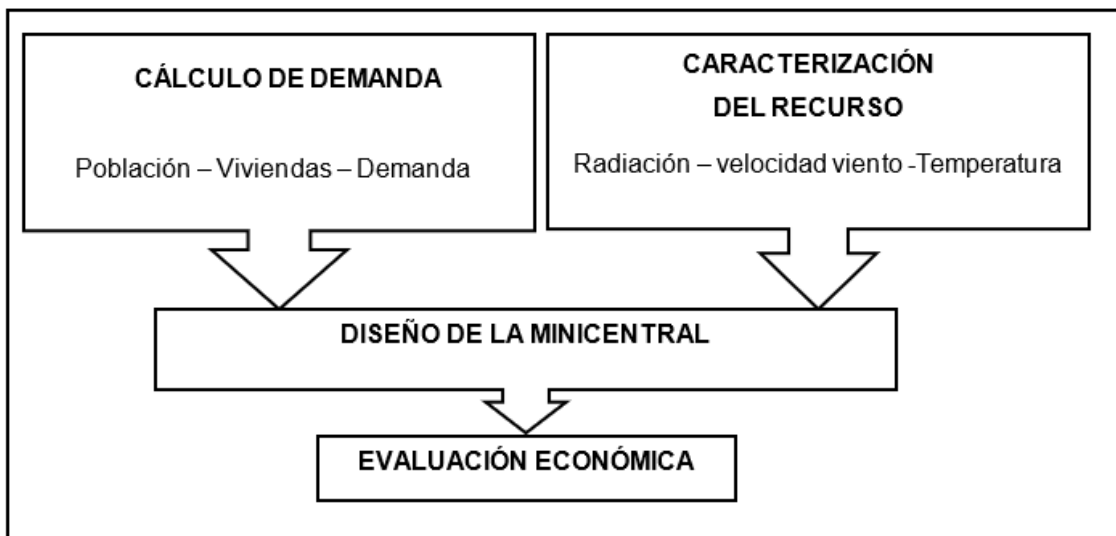


Figura 2. Diagrama de los procedimientos de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6 Método para el análisis de datos

El análisis de datos es una serie de etapas que permite simplificar el manejo de información (Gallardo, 2017) asimismo para esta investigación se hizo uso de la estadística descriptiva, que resumen de forma concisa y sencilla la información.

### 3.7 Aspectos éticos

La presente investigación tomó en consideración la metodología y reglamentos propuestos por la Universidad César Vallejo, garantizando que los datos conseguidos para la investigación son únicos y de alta autenticidad, impidiendo con ello cualquier tipo de plagio, por ende, se cumplió con la

aplicación del software Turnitin para el examinado del documento y su respectiva verificación de plagio. Se tomó en consideración la disposición y consentimiento de las personas involucradas en el estudio, respetando con ello diferentes principios, tales como de originalidad, honestidad y autenticidad de datos, asimismo, el investigador se compromete a respetar los derechos de los autores que aportaron con su investigación en este trabajo. Por último, se garantiza que la estructura del trabajo de investigación y la redacción se encuentra basada en la ISO 690.

**Tabla 1.** Artículos éticos de la Universidad Cesar Vallejo.

<b>N° de Artículo</b>	<b>Descripción</b>
Artículo 3°	“Respeto por las personas en su integridad y autonomía”
Artículo 4°	“Búsqueda del Bienestar”
Artículo 5°	“Justicia”
Artículo 6°	“Honestidad”
+Artículo 7°	“Rigor Científico”
Artículo 8°	“Responsabilidad”
Artículo 9°	Responsabilidad

Fuente: Elaboración propia.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Se determinó la demanda de energía eléctrica de los pobladores de Totoras

Para el desarrollo del estudio de mercado eléctrico del poblado, se elaboró un diagnóstico del lugar de estudio, por lo que se describe brevemente el estado actual de dicho lugar. El caserío de Totoras, se encuentra ubicado en distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque; Su principal actividad productiva es la ganadería y agricultura; cuenta con una población aproximada de 700 pobladores, 110 viviendas, una escuela y casa comunal, la comunidad es accesible por medio de una trocha, además no cuenta con servicios básicos como energía eléctrica, agua potable ni saneamiento. La Tabla 2 resume los datos obtenidos del centro poblado de Totoras.

<b>Datos geográficos</b>	
Región	Lambayeque
Provincia	Ferreñafe
Distrito	Incahuasi
Centro Poblado	Totoras
Latitud	-6.11629333333
Longitud	-79.3775783333

<b>Datos demográficos</b>	
Población	700
Viviendas	110

<b>Servicios básicos disponibles</b>	
Servicio de electricidad	No
Agua potable	No
Red de desagüe	No
Escuela	Si
Posta médica	No

<b>Transporte</b>	
Vía de acceso	Trocha carrozable
Medio de transporte	A pie / camioneta doble tracción

**Tabla 2.** Datos relevantes del centro poblado de Totoras.

Fuente. Elaboración propia

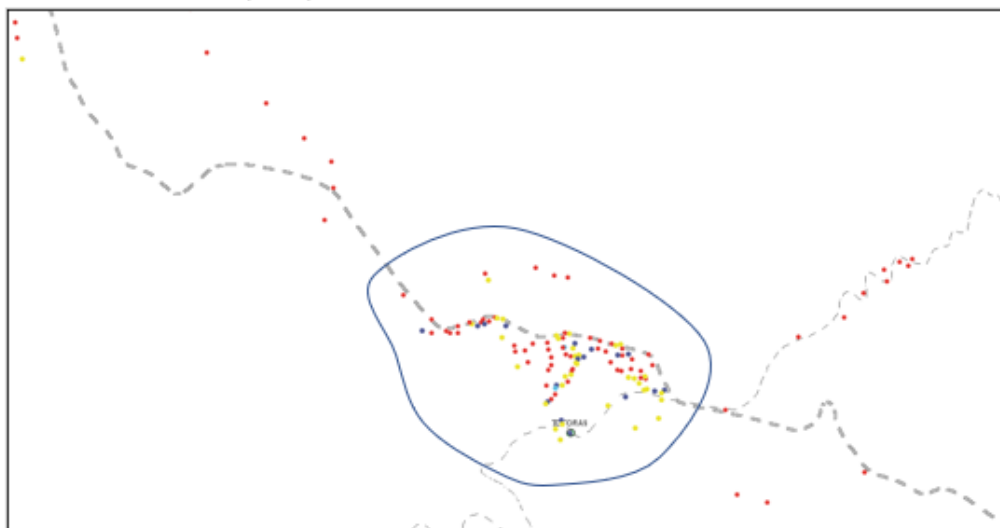
En la figura 3 se puede apreciar una captura aérea de la ubicación del Centro Poblado de Totoras.



*Figura 3. Vista aérea del CC: PP de Totoras.*

Fuente. Extraído de Google Maps (2022).

En la figura 4 se logra ver la distribución de las viviendas ubicadas en el Centro Poblado de Totoras



*Figura 4. Vista de la distribución de las viviendas del caserío*

Fuente. Extraído de INEI (2022).

#### 4.1.1 Parámetros de la demanda

Para la determinar la demanda de energía del centro poblado, se aplicó la metodología SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública), que indica una serie de protocolos para determinar ciertos parámetros que sirven para proyectar la demanda eléctrica de un lugar.

#### 4.1.2 Tipo de localidad

El centro poblado de Totoras es del tipo de localidad según la Tabla 3 es del tipo II.

**Tabla 3.** Tipos de localidades.

<b>Clasificación de localidad</b>	
<b>Localidad de Tipo I</b>	Compuesto de localidades concentradas o semi dispersas, con configuración urbana definida con plazas y calles, pueden contar con algunos servicios, locales y vías de acceso, además un desarrollo intermedio.
<b>Localidad de Tipo II</b>	Compuesto por localidades dispersas situadas en áreas rurales, que presentan configuración urbana o es incipiente, con menos número de servicios y locales públicos y con vías de acceso en regular estado (trochas carrozables) o que no cuentan con vías de acceso

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.1.3 Índice de personas por hogar (IHV)

Es el cociente de la población beneficiaria y el número de hogares a electrificar.

$$IHV = \frac{700}{110} = 6.36$$

#### 4.1.4 Grado de electrificación

El coeficiente de electrificación es el cociente entre la población electrificada y la población total. Para este trabajo de investigación se tuvo.

$$GE = \left(\frac{110}{110}\right) \times 100\% = 100\%$$

#### 4.1.5 Tipos de abonados

Los abonados identificados dentro de la localidad se resumen en la Tabla 4

**Tabla 4.** Identificación de los tipos de abonados dentro de la localidad.

<b>Tipos de abonados</b>		
<b>Abonado doméstico</b>	Son las viviendas a electrificar, se halla multiplicando el CE por la población.	110 viviendas
<b>Abonado Comercial</b>	Son negocios, restaurantes, bodegas que puedan hallarse en la localidad.	2 bodegas
<b>Abonados de uso general</b>	Son las cargas especiales como, escuelas, casas comunales, postas, etc.	1 escuela, 1 casa comunal, 1 centro de salud.
<b>Abonados de pequeña industria</b>	Son las cargas como pequeños talleres, carpinterías, servicios de metalmecánica, e etc.	Ninguno

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.1.6 Tasa de crecimiento intercensal

Es el valor que indica la tasa de crecimiento de una población, según la INEI este valor es de 1.2 % para la región Lambayeque.



#### 4.1.7 Tasa de crecimiento de los consumos de energía por abonados domésticos

Se obtiene a partir de la información otorgada por la empresa concesionaria del área. Para este estudio se tomó el valor referencial para localidades rurales tipo II de  $i = 1.5\%$  (MINEM 2011).

#### 4.1.8 Consumo de abonados domésticos (AD)

Se calculó mediante un cuestionario la demanda energética de los abonados domésticos de la localidad, así mismo la demanda de los abonados de uso general como la escuela y la casa comunal. En la tabla 5 se ven detalladamente la potencia de los equipos con los que cuentan las viviendas, así como su consumo en kWh por día, mes y año.

**Tabla 5.** Demanda eléctrica de una vivienda promedio (abonado doméstico) de la localidad de Totoras.

Artefactos	Unidad	Potencia	Potencia total	Horas	Consumo		
		W	W		h	kWh-día	kWh-mes
Luminaria ahorradora	4	20	80	5	0.4	12	144
TV	1	120	120	2	0.24	7.2	86.4
Radio	1	50	50	3	0.15	4.5	54
VHS/DVS/Blu-ray	1	20	20	1.5	0.03	0.9	10.8
Celular	1	10	10	3	0.03	0.9	10.8
Carga Extra	1	500	500	1.5	0.75	22.5	270
<b>Total</b>		720	780	16	1.6	48	576

**Nota:** Algunas familias de la localidad poseen artefactos que demandan mayor energía como, planchas, laptops, motores pequeños y otros artefactos; por tal motivo se consideró una carga extra si en caso la familia contara con los equipos mencionados.

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.1.9 Consumo de abonado comercial

Las cargas para abonados comerciales son las bodegas, restaurantes y otros comercios pequeños que se hallan dentro de la localidad. Para este caso se tienen dos bodegas. En la tabla 6 se detalla los datos más relevantes de los equipos con los que cuentan los comercios de la zona.

**Tabla 6.** Cargas de los abonados comerciales.

Artefacto	Unidad	Potencia (W)	Potencia total (W)	Horas (h)	Consumo		
					kWh-día	kWh-mes	kWh-año
Frigo bar	1	260	260	3.5	0.91	27.3	327.6
Luminaria exterior - ahorrador	1	25	25	3	0.075	2.25	27
TV	1	100	100	2	0.2	6	72
Luminaria ahorradora	1	20	20	4	0.08	2.4	28.8
<b>Total</b>		405	405	12.5	1.265	37.95	455.4

Fuente. Elaboración propia

#### 4.1.10 Consumo de abonados de uso general

Las cargas especiales dentro de la localidad son una escuela, un centro de salud y una casa comunal. A continuación, se muestran en las Tablas 7, 8 y 9 respectivamente.

En la tabla 7 se detalla la potencia de cada equipo con el que cuenta la escuela, así como el consumo en kWh por día, mes y año.

**Tabla 7.** Demanda eléctrica de la escuela

ESCUELA							
Artefacto	Unidad	Potencia (W)	Potencia total (W)	Horas (h)	Consumo		
					kWh-día	kWh-mes	kWh-año
Fluorescente	7	20	140	2	0.28	8.4	100.8
Luminaria ahorradora	4	20	80	2	0.16	4.8	57.6
TV	2	100	200	1	0.2	6	72
DVD/Blue ray	2	25	50	1	0.05	1.5	18

Computadora	6	300	1800	1	1.8	54	648
Equipo de sonido	1	50	50	1	0.05	1.5	18
<b>Total</b>			<b>2320</b>		<b>2.54</b>	<b>76.2</b>	<b>914.4</b>

En la tabla 8 se detalla la potencia de cada equipo del centro de salud, a su vez se aprecia el consumo de los mismos en kWh por día, mes y año.

**Tabla 8.** Demanda eléctrica del centro de salud.

<b>CENTRO DE SALUD</b>							
<b>Artefacto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>	<b>Horas (h)</b>	<b>Consumo</b>		
					<b>kWh-día</b>	<b>kWh-mes</b>	<b>kWh-año</b>
Luminaria ahorradora	2	20	40	3	0.12	3.6	43.2
Luminaria exterior - ahorrador	1	20	20	2	0.04	1.2	14.4
TV	1	100	100	1	0.1	3	36
Laptop	2	180	360	1.5	0.54	16.2	194.4
Congelador	2	200	400	2	0.8	24	288
Radio	1	20	20	1	0.02	0.6	7.2
<b>Total</b>		<b>540</b>	<b>940</b>		<b>1.62</b>	<b>48.6</b>	<b>583.2</b>

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 9 se detalla la potencia de cada equipo con el que cuenta la casa comunal, a su vez se describe el consumo de los mismos en kWh por día, mes y año.

**Tabla 9.** Demanda eléctrica de la casa comunal

<b>CASA COMUNAL</b>							
<b>Artefacto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>	<b>Horas (h)</b>	<b>Consumo</b>		
					<b>kWh-día</b>	<b>kWh-mes</b>	<b>kWh-año</b>
Luminaria exterior - ahorrador	3	25	75	3	0.225	6.75	81

Equipo de sonido	1	50	50	2	0.1	3	36
Fluorescente	5	20	100	4	0.4	12	144
Total		95	225	9	0.725	21.75	261

Fuente. Elaboración propia

#### 4.1.11 Alumbrado público.

Para determinar la demanda y el consumo por iluminación pública, se hizo uso de la Norma Técnica DGE para el "ALUMBRADO DE VÍAS PÚBLICAS EN ÁREAS RURALES 2011" vigente hasta la fecha. La norma brinda una guía para el cálculo del sistema de alumbrado eléctrico, teniendo en cuenta los sectores de distribución típicos:

- Sector de Distribución Típico 4: Urbano Rural.
- Sector de Distribución Típico 5: Rural.
- Sector de Distribución Típico Especial: Coelvisac (Villacurí).
- Sector de Distribución Típico SER: Sistemas Eléctricos Rurales.

El número de puntos de iluminación en una localidad se debe determina con el procedimiento que indica la norma.

1. Determinar un consumo de energía mensual por alumbrado público según la fórmula:

$$CMAP = F \times KALP \times NU .$$

Dónde:

**CMAP:** Consumo mensual de energía por alumbrado público en kWh.

**NU:** Número de usuarios.

**KALP:** Factor de alumbrado público en kWh/usuario-mes.

**F:** 1, para todos los sistemas eléctricos de distribución excepto los SER

0.5, para los SER.

2. Para determinar la cantidad de puntos de iluminación se tiene que considerar la potencia media de la lámpara para alumbrado, así mismo el número de horas de funcionamiento al mes del alumbrado público (NHMAP). Se aplica la siguiente fórmula:

$$PI = (CMAP \times 1000) / (NHMAP \times PPL)$$

Dónde:

**PI:** Número de puntos de Iluminación.

**CMAP:** Consumo al mes de energía de alumbrado público en kWh.

**NHMAP:** Número de horas mensuales del servicio alumbrado público en (horas/mes).

**PPL:** Potencia nominal de la lámpara en W.

El centro poblado de Totoras, se clasifica dentro del sector de distribución típico 5, por lo que el factor KALP es de 6.3 dado por la norma para este SDT, y aplicando la fórmula 1 se obtiene:

$$CMAP = 1 \times 6.3 \times 115 = 724.5 \text{ kWh} - \text{mes}$$

Hallado el CMAP, se procede a calcular la cantidad de puntos de iluminación, la norma contempla 10 W de pérdida en la lámpara, el NMHAP es otorgado por la norma es cual es de 360 horas – mes.

$$PI = \frac{724.5 \times 1000 \text{ W.h} - \text{mes}}{(360 \text{ h} - \text{mes}) \times (60\text{W})} = 33$$

Los valores como el factor KALP y el NMHAP se pueden observar con más detalle en los anexos.

#### 4.1.12 Proyección de la población y vivienda

La población de Totoras se proyectó a un horizonte de 20 años, aplicando la ecuación siguiente:

$$P = P_0(1 + r)^n$$

Dónde:

P es la población proyectada.

P<sub>o</sub> es el número de población actual.

r es la tasa de crecimiento intercensal, 1.20% para Lambayeque.

n es el año proyectado.

El número de viviendas se proyectó en el mismo horizonte de tiempo, aplicando la relación.

$$N^{\circ} \text{ viviendas} = N^{\circ} \text{ habitantes} * IHV$$

En la Tabla 10, se muestra el valor correspondiente del número de población y viviendas con respecto al año proyectado.

**Tabla 10.** Proyección de la población y el número de viviendas.

	2022	2023	2027	2032	2037	2042
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>
<b>Población</b>	700	708	743	789	837	889
<b>N° de viviendas</b>	110	111	117	124	132	140

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.1.9 Proyección del coeficiente de electrificación

Para proyectar el grado o coeficiente de electrificación se aplicó la fórmula:

$$\text{Proyección } G.E = G.E_{\text{año anterior}} \times \left( 1 + \left( 1 + \left( \frac{G.E_{\text{final}}}{G.E_{\text{inicial}}} \right)^{\frac{1}{20}} - 1 \right) \right)$$

Para este caso se propuso un grado de electrificación inicial del 100% por lo que la proyección arroja una proyección del 100%:

$$\text{Proyección } G.E = 100\% \times \left( 1 + \left( 1 + \left( \frac{100\%}{100\%} \right)^{\frac{1}{20}} - 1 \right) \right) = 1$$

#### **4.1.13 Proyección de los abonados**

Para la proyección de los abonados dentro de un tiempo determinado se aplicó la fórmula.

$$Abonados\ totales = \frac{Población\ electrificada}{Personas\ por\ hogar}$$

Para un tiempo de 20 años se tiene que:

$$Abonados\ totales = \frac{889\ personas}{6.3} = 140\ abonados$$

#### **4.1.14 Análisis general de la demanda**

Con el número de abonados, el consumo por abonado y consumo por alumbrado público, determino la máxima demanda de la localidad en el horizonte propuesto de 20 años, como se observa en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Proyección general de la demanda.

DESCRIPCIÓN	2022	2027	2032	2037	2042
	0	5	10	15	20
Población Total	700	743	789	837	889
Población a Electrificar	700	743	789	837	889
Coefficiente de Electrificación	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
<b>Abonado Totales</b>	115	117	124	132	140
N° abonados domésticos (AD)	110	112	119	127	134
N° abonados comerciales (AC)	2	2	2	2	2
N° abonados de uso general (AUG)	3	3	3	3	4
N° abonados de peq. Industrial (API)	0	0	0	0	0
Consumo anual AD	63360	68257	73533	79216	85338
Consumo anual AC	911	911	911	911	911
Consumo anual AUG	5276	5276	5276	5276	5276
Consumo anual API	0	0	0	0	0
<b>Consumo total de los abonados (kWh-año)</b>	69547.00	74444.00	79720.00	85403.00	<b>91525.00</b>
<b>Consumo del Alumbrado Público</b>					
Consumo mensual de AP - CMAP (kWh)	725	737	781	832	882
Puntos de Iluminación	33	34	36	38	40
Consumo anual de Alumbrado Público kWh -año	8554	8813	9331	9850	10368
<b>Consumo Total de energía (kWh-año)</b>	78101	83257	89051	95253	<b>101893</b>
Máxima demanda (kW)	45	48	51	54	<b>58</b>

Fuente. Elaboración propia.



En la Tabla 11 se muestra cada parámetro, como población, grado de electrificación, total de abonados, consumo de cada tipo de abonado y consumo por alumbrado público. La proyección en el horizonte a 20 años, pronostica un consumo de energía de 101, 893 kWh – anual, y una demanda máxima de 58 kW.

#### 4.1 Caracterizar las condiciones climatológicas de la localidad

En este apartado, se realizó una evaluación de las condiciones climatológicas del lugar, midiéndose parámetros como la radiación solar, temperatura promedio, velocidad de los vientos, etc.

##### 4.1.1 Caracterización de la radiación solar

Los valores de radiación solar fueron extraídos del Atlas Solar del Perú que se observa en la Figura 5, otorgados por el Ministerio de Energía y Minas, el cual es un mapa que muestra mediante un índice de colores, el nivel de la radiación, para el caso de Totoras, el promedio de radiación para los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre son 5.5 kWh/m<sup>2</sup>, 5.0 kWh/m<sup>2</sup>, 5.0 kWh/m<sup>2</sup> y 6.5 kWh/m<sup>2</sup> respectivamente dando un promedio de 5.5 kWh/m<sup>2</sup>. El problema con este método es la precisión y no se encuentran actualizados, pero sirve para tener un valor aproximado del nivel de radiación solar de la zona.

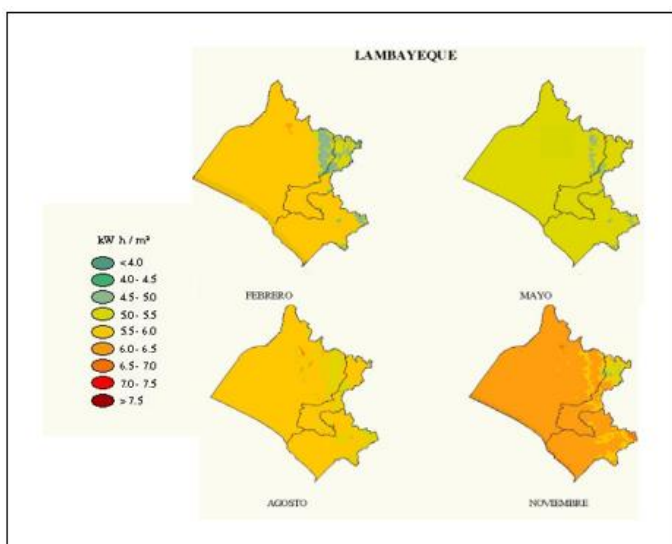


Figura 5. Mapa del Atlas Solar del Perú.

Fuente. Extraído de (Atlassolar, 2022)

Para obtener un registro más preciso de la radiación, se usó el software PVSyst cuya interfaz se observa en la Figura 6, que proporcionó información sobre la irradiación solar por cada mes del año en kWh/m<sup>2</sup>- día.

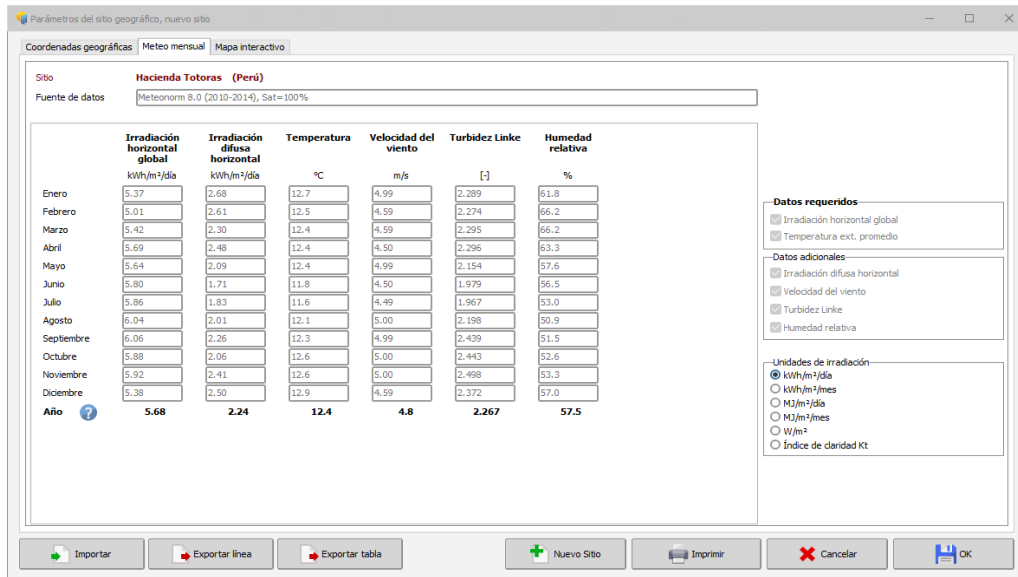


Figura 6. Interfaz gráfica del software PVSyst.

Fuente. Extraído de (PVSyst, 2022)

En la tabla 12 se muestran los datos más relevantes acerca de la radiación que se produce en la zona durante todo un año.

Tabla 12. Irradiación mensual en el centro poblado Totoras.

Mes	Irradiación horizontal	
	global GHI kWh/m <sup>2</sup> - día	DHI kWh/m <sup>2</sup> - día
Enero	5.37	2.68
Febrero	5.01	2.61
Marzo	5.42	2.30
Abril	5.69	2.48
Mayo	5.64	2.09
Junio	5.80	1.71

Julio	5.86	1.83
Agosto	6.04	2.01
Septiembre	6.06	2.26
Octubre	5.88	2.06
Noviembre	5.92	2.41
Diciembre	5.38	2.50
<b>Año</b>	<b>5.68</b>	<b>2.24</b>

---

Fuente. Elaboración propia.

El software PVSyst también permite hallar otros parámetros relevantes como la velocidad del viento y la temperatura del lugar. La relación irradiación global y irradiación difusa dependen de la nubosidad de la zona, observando la Tabla 12, se puede apreciar que los valores de irradiación difusa llegan a ser casi la mitad de la irradiación global, lo que indica que la zona es relativamente nublada.

De la Tabla 12 también se rescata los meses con valores de irradiación más bajos, por lo que se aplicó el criterio de diseñar la minicentral con el valor de irradiación más baja del año, que corresponde al mes de febrero, tal como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Valores de irradiación global horizontal por mes.

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.1.2 Ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos

Para maximizar la generación de energía de las celdas fotovoltaicas, los rayos del sol deben incidir de forma perpendicular sobre la superficie del panel, esto se logró mediante una inclinación óptima del panel. Para el cálculo del ángulo  $\beta$  y ángulo óptimo  $\beta_{opt}$ , se aplicaron las ecuaciones siguientes:

$$\beta = 3.7 + 0.69 * \varphi = 7.92$$

$$\beta_{opt} = \varphi + 10$$

$$\beta_{opt} = 6.11629^\circ + 10^\circ = 16.11629^\circ$$

El factor de inclinación de los paneles se determinó mediante la Tabla 13, en función a la latitud de la zona. EL factor de inclinación  $K_{inclinación}$  seleccionado fue 1.01.

**Tabla 13.** Factor de inclinación en función de latitud.

Latitud	Factores de inclinación K		
	15°	20°	25°
0 – 5°	0.99	0.97	0.94
5 -10°	1.01	1.00	0.98

Fuente. Extraído de (Flores, y otros, 2017)

Para el factor de sombra  $K_{sombra}$  no existen tablas, dicho valor suele variar entre 0.75 y 1.20. Habitualmente se toma el valor de 1

$$K_{sombra} = 1$$

El factor de irradiación  $K_{irradiación}$  se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$K_{irradiación} = 1 - (1.2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{opt})^2)$$

$$K_{irradiación} = 0.99$$

Con los factores de irradiación, de sombra e inclinación, se determinó la irradiación global corregida GHI'.

$$GHI' = K_{inclinación} \times K_{sombra} \times K_{irradiación} \times GHI$$

$$GHI' = 1.01 \times 1.00 \times 0.99 \times 5.01 kW/m^2$$

$$GHI' = 5.00 \frac{kW}{m^2} - día$$

#### 4.1.3 Velocidad del viento, humedad y temperatura

El software PVSyst también mostró datos promedio sobre los parámetros de viento, temperatura del lugar y humedad relativa. La Tabla 14 muestra los valores mensuales, de la velocidad del viento y temperatura promedio de la zona.

**Tabla 14.** Valores mensuales de temperatura, viento y humedad relativa.

<b>Mes</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Velocidad del viento</b>	<b>Humedad Relativa</b>
Enero	12.7	4.99	61.8
Febrero	12.5	4.59	66.2
Marzo	12.4	4.59	66.2
Abril	12.4	4.50	63.3
Mayo	12.4	4.99	57.6
Junio	11.8	4.50	56.5
Julio	11.6	4.49	53.0
Agosto	12.1	5.00	50.9
Septiembre	12.3	4.99	51.5
Octubre	12.6	5.00	52.6
Noviembre	12.6	5.00	53.3
Diciembre	12.9	4.59	57.0
<b>Año</b>	<b>12.4</b>	<b>4.8</b>	<b>57.5</b>

Fuente. Elaboración propia.

#### **4.1.4 Cálculo de las horas solar pico HSP**

Las horas solar pico, son las horas disponibles de sol, y se calcula dividiendo irradiación global al día entre 1000 W/m<sup>2</sup>. Para la localidad de Totoras tenemos un HSP de:

$$HSP = \frac{5000 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 5 \text{ Horas}$$

## 4.2 Se diseñó el sistema fotovoltaico y seleccionó los componentes

### 4.2.1 Cálculo del número de paneles fotovoltaicos.

Los paneles seleccionados para el generador fotovoltaico, son del modelo poli cristalino ESPMC 340 de la marca ERA Solar. El número de módulos fotovoltaicos se determinó en función al consumo de energía proyectado, las horas disponibles de sol y la potencia del módulo fotovoltaico mediante la ecuación siguiente:

$$N_{mod} = \frac{P_{generador\ FV}}{P_{pm} \times P_R} = \frac{C_{ed}}{P_{MP} \times HSP_{crit} \times P_R}$$

$N_{mod}$ : Número de módulos fotovoltaicos.

$C_{ed}$ : Consumo estimado diario.

$P_{PM}$ : Potencia nominal del módulo.

$HSP_{crit}$ : Horas solar pico del mes crítico.

$P_r$ : eficiencia de la instalación.

$$N_{mod} = \frac{\left(101893 \times \frac{1000}{365}\right) Wh. día}{5 \times 340 \times 0,95}$$

$$N_{mod} = 172,85 \approx 173$$

Se tiene que considerar que los módulos no trabajan a su potencia pico, si no que dicho valor se halla por debajo del valor nominal que entrega el fabricante, debido a factores como las horas de sol, el clima o la temperatura del ambiente. Los valores de temperatura de trabajo del módulo, son ofrecidos por el fabricante, así mismo se ofrece valores como la tensión nominal, corriente nominal, tensión en cortocircuito y corriente de tensión tal como se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15.** Datos característicos del módulo fotovoltaico.

<b>Módulo fotovoltaico seleccionado</b>		
<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Marca	ERA Solar	...
P <sub>max</sub> (Wp)	340	W
V <sub>pm</sub>	38.5	V
I <sub>pm</sub>	8.84	A
V <sub>oc</sub>	46.4	V
I <sub>sc</sub>	9.45	A
Eficiencia	17.50%	%
Coef. Temp. P <sub>max</sub>	-0.38	%
Coef. Temp. V <sub>oc</sub>	-0.295	%
Coef. Temp. I <sub>sc</sub>	0.085	%
TONC	-40	°C
	85	°C

Fuente. Elaboración propia.

Con la información de la tabla 15 de los parámetros que ofrece el fabricante, se calculó el rendimiento real de los módulos fotovoltaicos empezando con la temperatura real de trabajo del panel mediante la siguiente ecuación.

$$T_c = T_a + G \times \frac{TONC - 20}{800}$$

Dónde:

T<sub>c</sub>: Temperatura de trabajo del módulo fotovoltaico en °C.

T<sub>a</sub>: Temperatura del ambiente en °C).



G: Irradiancia en W/m<sup>2</sup>.

TONC: Temperatura de operación nominal del módulo en °C.

Con tales parámetros tenemos:

$$T_c = (20^\circ\text{C} + 1120 * \frac{(85 - 40)^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}}{800}) = 55.25^\circ\text{C}$$

La variación de la potencia se obtuvo con el coeficiente de temperatura de potencia máxima y la temperatura de trabajo del panel.

$$\text{Var. Potencia} = (55.25^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \times -0.38\% = -13.40\%$$

Por lo que la potencia real del módulo será:

$$P_{\text{corregida}} = (340 - 13.40 \times 340)\text{W}$$

$$P_{\text{corregida}} = 294.46 \text{ W}$$

Estos datos se resumen en la tabla 16, donde se muestran los parámetros corregidos.

**Tabla 16.** Corrección de los parámetros de trabajo del módulo

Influencia de la temperatura		
Tc	55.25	°C
Var. Potencia	-13.40	%
Var. Voc	3.953	%
Var. Isc	2.57	%
Pot. Max corregida	294.46	W
Voc Corregido	48.23	V
Isc Corregido	9.69	A

Fuente. Elaboración propia.

Con la potencia corregida se recalculó el número de módulos FV de la instalación.

$$N_{\text{módulos corregido}} = \frac{\left(101893 \times \frac{1000}{365}\right) \text{ Wh. día}}{5h \times 294.46 \text{ W}} = 189.6 = 190 \text{ módulos}$$

#### 4.2.2 Conexión para los paneles solares

- **Conexión en serie**

Se trabajó con una tensión de 48V en corriente directa, para que de esta manera se pueda reducir la corriente que llegaría a los terminales de los paneles. Se obtuvo la cantidad de paneles necesarios utilizando la siguiente ecuación:

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

$$N_s = \frac{48}{38,5} = 1,25 \approx 2$$

Dónde

$N_s$ : Número de módulos fotovoltaicos en serie.

$V_{BAT}$ : Tensión nominal del sistema.

$V_{PANEL}$ : Tensión nominal de los módulos (dependiendo del fabricante).

- **Conexión en paralelo**

Para determinar el número de paneles en paralelos se utilizó la siguiente fórmula.

$$N_p = \frac{N_{mod}}{N_s}$$

$$N_p = \frac{190}{2} = 95$$

- **Máxima corriente de entrada al regulador**

$$I_{entrada} = 1,25 \times I_{mod} \times N_{PANELES}$$

$$I_{entrada} = 1,25 \times 9,45 \times 190 = 2244,4 \text{ A}$$

- **Máxima corriente esperada a la salida del regulador**

$$I_{salida} = \frac{1,25 \times P_{AC} / n_{inv}}{V_{BAT}}$$

$$I_{salida} = \frac{1,25 \times 340 \times 190 / 0,95}{48} = 1770,8 \text{ A}$$

El regulador seleccionado para controlar las tensiones es el PC 18-8015A.

De esta forma, para reducir la corriente con la que trabaja el regulador seleccionado, se decidió separar los paneles en grupos, 38 grupos conectados en paralelo y cada grupo tiene 5 paneles conectados en serie.

Recalculando la corriente de entrada del regulador es la siguiente:

$$I_{entrada} = 1,25 \times 9,45 \times 5 = 59,06A$$

Y teniendo como respuesta a la corriente de salida del regulador:

$$I_{salida} = \frac{1,25 \times 340 \times 5 / 0,95}{48} = 46,6A$$

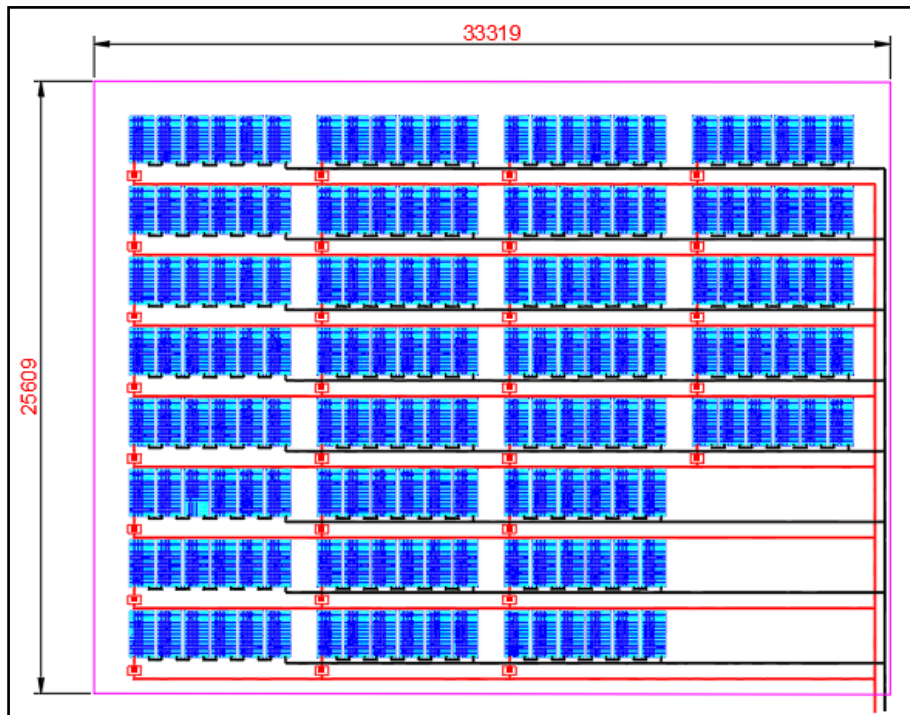


Figura 8. Distribución de paneles fotovoltaicos

Fuente. Elaboración propia.

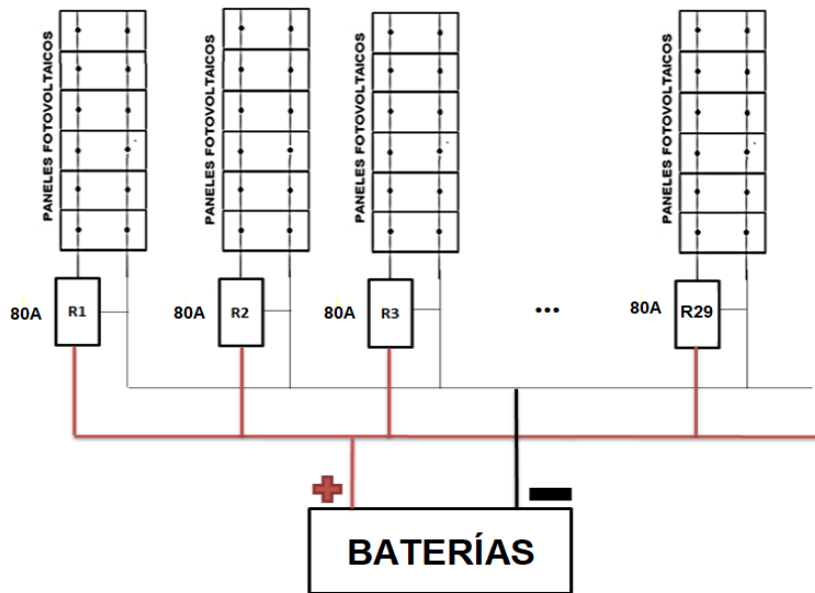


Figura 9. Reguladores conectados a los paneles

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2.3 Banco de baterías

- Profundidad de descarga
 

Para proteger el tiempo de vida del regulador, se debe desconectar antes de llegar al 100%, por ello en las baterías de gel se considera el valor de 0,80 como profundidad de descarga
- Autonomía
 

Se consideraron 4 días de autonomía por la ubicación del centro poblado y las condiciones.
- Capacidad
 

Se calculó la capacidad en Watts-hora en un primer momento y como segundo punto, para encontrar un término comercial, se halló la capacidad convirtiendo las unidades a Amperios-hora. Para lo que tomamos en cuenta los siguientes datos:

  - $C_n$ : Capacidad nominal de las baterías (Ah)
  - $C_{ed}$ : Energía media diario
  - N: tiempo de autonomía en días
  - $V_{bat}$ : Tensión de la batería
  - $P_{Dmax, e}$ : Profundidad de descarga máxima estacionaria

- $P_{Dmax, d}$ : Profundidad de descarga máxima

Capacidad de función de la descarga máxima

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

$$C_{nd} = \frac{5815,81}{0,20}$$

$$C_{nd} = 29079,05Ah$$

Capacidad en función de la descarga máxima estacional

$$C_{ne} = \frac{Q_{Ah} \times N}{PD_{MAX,e}}$$

$$C_{ne} = \frac{5815,81 \times 4}{0,80}$$

$$C_{ne} = 29079,05Ah$$

- Cantidad

Para poder hallar la cantidad de baterías se tomó en cuenta que el sistema trabajó con 48V, a su vez la capacidad nominal de las baterías escogidas es del 300Ah.

$$\text{Cantidad de grupos de baterías} = \frac{C_n}{\text{Capacidad nominal}}$$

$$\text{Cantidad de grupos de baterías} = \frac{29078,05Ah}{300Ah} = 96,93 \approx 97$$

Sabiendo que la tensión es de 48V, se crearon grupos de 4 baterías en serie para poder mantener este voltaje. Por lo que el total de baterías necesarias sería 388, multiplicando las 4 baterías en serie por la cantidad de grupos necesarios, los cuales se instalaron en paralelo y para ello se requiere un área estima de 105.7mt<sup>2</sup>

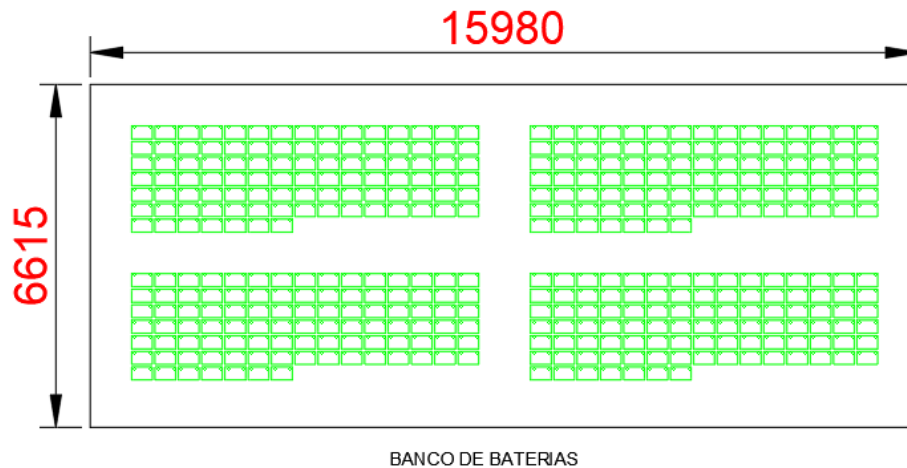


Figura 10. Distribución de baterías.

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2.4 Inversor

Para la selección del inversor, debemos tener en cuenta máxima demanda del centro poblado, puesto se considera un 35% más para la elección.

Tomando en cuenta la proyección realizada, la máxima demanda es de 58kW.

Por lo que tenemos el siguiente cálculo:

$$P_{inv} \geq P_{instalada} \times 1,35$$

$$P_{inv} \geq 58 \times 1,35 \approx 79kW$$

Considerando la potencia hallada, se vio apropiado seleccionar 14 inversores PV18-5548 VHM con una potencia de 5,5kW cada uno, para llegar a la potencia requerida.

#### 4.2.5 Conductores eléctricos

- Caída de tensión

Según señala el Pliego de Condiciones Técnicas del IDEA, en los conductores de corriente continua debe ser de un máximo del 1,5%. Por lo tanto, según los tramos de conexión, tenemos las siguientes variaciones:

**Tabla 17.** Caída de tensión según cada tramo

Tramo	$\Delta V\%$
Paneles – Reguladores	1,5
Reguladores – Baterías	1,5
Baterías – Inversores	1,5

Fuente. Elaboración propia.

Así mismo, en la tabla 18 se muestran las longitudes de cada tramo.

**Tabla18.** Longitud por tramo

Tramo	L(m)
Paneles – Reguladores	15
Reguladores – Baterías	10
Baterías – Inversores	10

Fuente. Elaboración propia.

- Selección del conductor

Para poder hallar la sección del conductor se tomó en cuenta la corriente que pasa por el conductor y la caída de tensión del mismo. Para hallarlo, se utilizaron las siguientes ecuaciones

$$I = N_{\text{paneles}} \times I_{sc}$$

$$\Delta V = \Delta V\% \times V_{MP}$$

Una vez hallamos los valores de la corriente y la caída de tensión, utilizamos la siguiente ecuación para obtener la sección del conductor.

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

De esta manera, tenemos la tabla 19.

**Tabla 19.** Sección por tramo

Tramo	S(mm <sup>2</sup> )
Paneles – Reguladores	34
Reguladores – Baterías	22
Baterías – Inversores	22

Fuente. Elaboración propia.

### 4.3 Se realizó el análisis de costo beneficio del sistema fotovoltaico.

Para la elaboración del análisis de costo – beneficio, se tuvieron presente todos los costos del proyecto. Los costos de materiales se pueden observar en la tabla 20, donde se pueden observar los precios y las cantidades necesarias por componente.

**Tabla 20.** Costos de materiales para la minicentral.

Cantidad	Descripción	Precio S/	Precio total S/
190	Panel solar - ERA Solar 340 W	S/ 607.92	S/ 115,504.80
38	Estructura Soporte Falcat	S/ 1,153.18	S/ 43,820.84
14	Inversor PV18-5548	S/ 2,935.40	S/ 41,095.60
38	Regulador PC 18-8015A	S/ 1,696.73	S/ 64,475.74
388	Batería	S/ 1,584.92	S/ 614,948.96
28	Fusibles DF ELECTRIC gPV 800 V	S/ 100.54	S/ 2,815.12
14	Porta fusibles	S/ 200.00	S/ 2,800.00
14	Interruptor termomagnético	S/ 200.00	S/ 2,800.00
14	Interruptor seccionador	S/ 1,600.00	S/ 22,400.00
3	Interruptor diferencial	S/ 2,200.00	S/ 6,600.00
3	Interruptor termomagnético	S/ 149.87	S/ 449.61
56	Fusibles DF ELECTRIC gC AC	S/ 28.24	S/ 1,581.44
3	Porta Fusibles AC	S/ 200.00	S/ 600.00
14	Caja de conexión del generador	S/ 200.92	S/ 2,812.88
1	Tablero de control y potencia	S/ 475.32	S/ 475.32
2000	Centelsa fotovoltaico H1Z2Z2-K-35mm2	S/ 12.00	S/ 24,000.00
1	Tornillos, tarugos y empalmes	S/ 500.00	S/ 500.00
<b>Total, en equipos</b>			<b>S/ 947,680.31</b>

Fuente. Elaboración propia.



Los costos de instalación que se observan en la tabla 21, comprenden el pago de los trabajadores encargados de la instalación de la mini central, este costo representa el 5% del total del costo de los materiales. La tabla 22 muestra los gastos o costos por transporte de los materiales.

**Tabla 21.** Costos de instalación de la minicentral.

<b>Costos de instalación</b>		
Ingeniero mecánico – electricista	Este costo representa el 5% del costo de los materiales	S/.47384.01
Supervisor		
Técnico electricista		
Técnico metal metálico		
<b>Subtotal</b>		S/.47384.01

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 22.** Costos de transportes del proyecto.

<b>Costos de transporte</b>		
Transporte del material	Representa el 1% del costo de los materiales	S/.9476.80
Transporte del personal		
<b>Subtotal</b>		S/.9476.80

Fuente. Elaboración propia.

El costo total de la inversión resultante se observa en la tabla 23, que es la suma de los se tomarán todos los costos asociados con materiales, instalación y transporte.

Los egresos estarán representados por los costos de operación de la planta, como el pago del operario, y los técnicos encargados del mantenimiento de la minicentral. La tabla 23 detalla los salarios y la cantidad de operarios de la central.

**Tabla 23.** Costo anual de operación de la minicentral.

<b>Especialidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario</b>	<b>Costo total</b>
Operador	2	S/.1500.00	S/.36000.00
Técnicos mtto.	2	S/.1020.00	S/.24600.00
<b>Total</b>			<b>S/.60600.00</b>

Fuente. Elaboración propia.

También se consideró los costos de distribución, aunque solo como una estimación, ya que el cálculo de la red de distribución no es el objetivo de este proyecto. La tabla 25 muestra los costos de distribución que incluyen postes, conductores y lámparas.

**Tabla 24.** Costo estimado de distribución.

<b>Distribución</b>				
<b>Cant.</b>	<b>Unid.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio total</b>
50	Unid	Poste de concreto	S/ 1,200.00	S/ 60,000.00
50	und.	Accesorios para postes	S/ 250.00	S/ 12,500.00
500	m	Cable autoportante CAAI 0.6/1Kv 2x35 + 1x16 + NA25mm2	S/ 7.00	S/ 3,500.00
33	Unid	Lámpara de Sodio 50W	S/ 500.00	S/ 16,500.00
1	Unid	Transformador para 0.048/22.9 kV - 990KVA	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
110	und	Medidor de Energía Monofásico Digital 220V OP-MD60 OPALUX	S/ 89.90	S/ 9,889.00
110	und	Interruptor Termomagnético 2P 20A - Riel Din	S/ 36.30	S/ 3,993.00
110	und	Caja Porta Medidor 26x16x8 0.6mm	S/ 55.50	S/ 6,105.00
110	und	Acometidas cable aleación de aluminio de la serie AA-8000	S/ 575.00	S/ 63,250.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 177,237.00</b>

Fuente. Elaboración propia.

El costo total de la inversión resultante se observa en la tabla 25, que es la suma de los gastos, se tomarán todos los costos asociados con suministro de materiales, instalación y transporte.

**Tabla 25.** Costos tangibles del proyecto.

Descripción	Costo	
Costos de materiales	S/	947,680.31
Costos instalación	S/	47,384.01
Costos transporte	S/	9,476.80
Costo estimado de distribución	S/	177,237.00
Costo estimado de instalación de línea distribución	S/	194,633.92
<b>Total</b>	<b>S/</b>	<b>1,376,412.04</b>

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.3.1 Análisis VAN y TIR

Para el análisis del VAN se calculó el FNE o flujo neto efectivo, el cual se calculó haciendo la diferencia de los ingresos y egresos, considerando un descuento de 12%. La tabla 25 muestra los parámetros que se tomaron para el análisis económico, como la inversión inicial, los egresos e ingresos, con el cual se calcula el flujo neto efectivo por cada año.

**Tabla 23.** Flujo neto efectivo

Años	Inversión	Precio del kWh	Demanda kWh	Ingresos	Egresos	Flujo Neto Efectivo
0	-S/ 1,376,412.04		0	S/ -		-S/ 1,376,412.04
1		3.71	78791	S/ 292,314.61	S/ 60,600.00	S/ 231,714.61
2		3.71	79756	S/ 295,894.76	S/ 60,600.00	S/ 235,294.76
3		3.71	80995	S/ 300,491.45	S/ 60,600.00	S/ 239,891.45
4		3.71	81989	S/ 304,179.19	S/ 60,600.00	S/ 243,579.19
5		3.71	83257	S/ 308,883.47	S/ 60,600.00	S/ 248,283.47
6		3.71	84281	S/ 312,682.51	S/ 60,600.00	S/ 252,082.51
7		3.71	85579	S/ 317,498.09	S/ 60,600.00	S/ 256,898.09
8		3.71	86634	S/ 321,412.14	S/ 60,600.00	S/ 260,812.14
9		3.71	87705	S/ 325,385.55	S/ 60,600.00	S/ 264,785.55
10		3.71	89051	S/ 330,379.21	S/ 60,600.00	S/ 269,779.21
11		3.71	90154	S/ 334,471.34	S/ 60,600.00	S/ 273,871.34
12		3.71	91533	S/ 339,587.43	S/ 60,600.00	S/ 278,987.43
13		3.71	92669	S/ 343,801.99	S/ 60,600.00	S/ 283,201.99
14		3.71	93822	S/ 348,079.62	S/ 60,600.00	S/ 287,479.62
15		3.71	95253	S/ 353,388.63	S/ 60,600.00	S/ 292,788.63
16		3.71	96441	S/ 357,796.11	S/ 60,600.00	S/ 297,196.11
17		3.71	97906	S/ 363,231.26	S/ 60,600.00	S/ 302,631.26

18	3.71	99130	S/ 367,772.30	S/ 60,600.00	S/ 307,172.30
19	3.71	100632	S/ 373,344.72	S/ 60,600.00	S/ 312,744.72
20	3.71	101893	S/ 378,023.03	S/ 60,600.00	S/ 317,423.03

Fuente: Elaboración propia

El análisis del VAN se muestra en la tabla 26, donde se obtiene que se obtiene que el VAN dentro de 20 años es de S/ 545,364.19, obteniendo ganancias a partir del año 10. EL TIR obtenido fue del 17.61%, que es mayor a la tasa de descuento utilizada, por lo que el proyecto resulta ser viable económicamente, incluyendo las estimaciones para la red de distribución.

**Tabla 24.** Análisis del VAN.

Años	Flujo Neto Efectivo	$(1+i)^n$	FNE/ $(1+i)^n$	VAN
0	-S/ 1,376,412.04	0.000		
1	S/ 231,714.61	1.120	S/ 206,888.04	-S/ 1,169,524.00
2	S/ 235,294.76	1.254	S/ 187,575.54	-S/ 981,948.45
3	S/ 239,891.45	1.405	S/ 170,750.00	-S/ 811,198.46
4	S/ 243,579.19	1.574	S/ 154,798.98	-S/ 656,399.48
5	S/ 248,283.47	1.762	S/ 140,882.71	-S/ 515,516.77
6	S/ 252,082.51	1.974	S/ 127,712.84	-S/ 387,803.93
7	S/ 256,898.09	2.211	S/ 116,207.65	-S/ 271,596.28
8	S/ 260,812.14	2.476	S/ 105,337.65	-S/ 166,258.63
9	S/ 264,785.55	2.773	S/ 95,484.32	-S/ 70,774.30
10	S/ 269,779.21	3.106	S/ 86,861.69	S/ 16,087.38
11	S/ 273,871.34	3.479	S/ 78,731.47	S/ 94,818.85
12	S/ 278,987.43	3.896	S/ 71,609.12	S/ 166,427.97
13	S/ 283,201.99	4.363	S/ 64,902.59	S/ 231,330.56
14	S/ 287,479.62	4.887	S/ 58,824.03	S/ 290,154.59
15	S/ 292,788.63	5.474	S/ 53,491.39	S/ 343,645.97
16	S/ 297,196.11	6.130	S/ 48,479.12	S/ 392,125.10
17	S/ 302,631.26	6.866	S/ 44,076.53	S/ 436,201.63
18	S/ 307,172.30	7.690	S/ 39,944.56	S/ 476,146.19
19	S/ 312,744.72	8.613	S/ 36,311.78	S/ 512,457.97
20	S/ 317,423.03	9.646	S/ 32,906.22	S/ 545,364.19
<b>RESUMEN</b>				
VAN				S/ 545,364.19
TIR				17.61%

Fuente: Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

La localidad de Totoras tiene los recursos climáticos suficientes para la realización del proyecto de electrificación aplicando energías renovables, el inconveniente principal de la localidad es su accesibilidad, que se resolvió utilizando medios de transporte. Por otro lado, muchos datos de campo como la tasa de crecimiento del consumo fueron difíciles de obtener en una visita por lo que se optó el utilizar datos promedio otorgados por el ministerio de energía y minas y otras fuentes como INEI, en cambio, los datos de población, números de viviendas y demanda eléctrica se obtuvo mediante un cuestionario.

El tipo de sistema utilizado para la electrificación de áreas rurales, depende de la demanda y del grado de dispersión de las viviendas. Para el caso de una gran dispersión de las viviendas, se recomienda el uso de módulos fotovoltaicos domiciliarios, que consiste en la instalación un generador fotovoltaico por vivienda, en el caso contrario donde las viviendas se encuentran contiguas, se diseña un sistema de módulos fotovoltaicos centralizado.

En la realidad, un centro poblado presenta cierto grado de concentración y dispersión, siendo el caso para el centro poblado de Totoras. La mayoría de las cargas del centro poblado se encuentran agrupadas, de igualmente el centro de salud y la escuela, y el resto de viviendas se encuentran dispersas, por tal motivo se optó por el diseño de una minicentral fotovoltaica centralizada, ya que tal dispersión no es significativa y es posible llegar a dichas viviendas.

Si bien la minicentral fotovoltaica implica un gasto mayor en compra de materiales e instalación, en comparación del sistema domiciliario, la primera significa un ahorro en el tiempo, ya que para las 110 viviendas resultan 110 paneles, cada uno con su respectiva batería e inversor y con limitaciones de potencia, en cambio el sistema centralizado contempla 190 paneles, 14 inversores y 388 baterías, por lo cual se tiene un suministro de energía más estable.

Para la recolección de información, se utilizó como instrumento, un cuestionario que se aplicó a los pobladores de la zona, las preguntas fueron de opción múltiple, con esto se levantó información sobre la demanda de energía eléctrica.

Las preguntas se obtuvieron y se adaptaron del cuestionario que ofrece el MINEM para el levantamiento de información.

Con la información recolectada se pudo determinar el número de abonados domésticos, de usos generales y comerciales según la metodología SNIP para la evaluación de proyectos de inversión.

El rendimiento de un módulo fotovoltaico se ve afectado por factores como la temperatura del ambiente, la inclinación, sombras, etc., que evitan que este funcione a su máxima potencia, por lo que son factores a tener en cuenta el momento de dimensionar el número de paneles y otros componentes del sistema. Para el cálculo de la cantidad de paneles se suele sobredimensionar en un 10 a 20%, por lo que se puede obtener una cantidad diferente al primer cálculo.

En este trabajo, para la determinación de la demanda de electricidad se trabajó con un coeficiente de electrificación del 100%, que significa que se desea electrificar a todas las viviendas de la localidad, lo cual en la realidad se observa cierta complejidad debido a que en el área de estudio se presentan localidades dispersas situadas en áreas rurales, compuesta en su mayoría por un abonado doméstico cuya tasa de crecimiento poblacional fue 1.2 %, mientras que la tasa crecimiento de los consumos de energía fue 1.5%. De esta manera, la proyección en el horizonte a 20 años pronosticó un consumo de energía de 101, 893 kWh – anual, y una demanda máxima de 58 kW.

Estos resultados son menores a la investigación de (Vásquez, 2019), donde se obtuvo la proyección en el horizonte de 20 años con una tasa de crecimiento del 2.8% para una demanda 19, 178 kWh y la potencia instalada de 5, 891 kW en Amazonas. Mientras que, en Lambayeque, la investigación de (Ventura, 2019) en su proyección de 20 años determinó un consumo de 2984,55 kW-h/año y máxima demanda de 1,70 kW. Por otro lado, los resultados del presente proyecto resultaron en valores mayores a los proyectados en el estudio de (Díaz, 2018) para un horizonte de 20 años con una tasa de 1,46 % para crecimiento trascendiendo en consumo **33. 494 kW** y potencia de 12,54 kWp en Cajamarca.

Respecto a la caracterización de las condiciones climatológicas de la localidad, se consiguió mediante el software PVSyst, donde se encontró que la radiación menor

fue en el mes de febrero en un 5.01 con una media de 5.5 kWh/m<sup>2</sup> por lo que se seleccionó el mes de febrero como mes crítico y el diseño de la minicentral se dimensiono en función a este valor. En cambio, la investigación de (Ventura, 2019) determinó que el mes de junio fue el que presentó el valor de radiación más bajo con 4,47 kWh/m<sup>2</sup> – día y una radiación media de 5.35 kWh/m<sup>2</sup> – día. A diferencia del estudio de (Díaz, 2018) donde mediante el software SOLARIUS PLUS y datos tantos de la NASA como el SENAMHI, se tomó el nivel de radiación solar más bajo perteneciente al mes de febrero con un valor de 4,50 kWh/m<sup>2</sup> /día. Además, en Ecuador, se encontró una radiación solar diaria promedio anual para los cantones de Chone, y se puede verificar que los valores van desde 4,1 kWh/m<sup>2</sup> día a 4,8 kWh/m<sup>2</sup> día en la investigación de (Vélez, 2018).

Respecto al diseño del sistema fotovoltaico, con el valor de la demanda proyectada, la radiación del mes crítica se seleccionó como componentes, 190 paneles solares en 38 grupos en paralelo de cadenas de 5 módulos, así mismo se necesitaron 4 grupos de baterías 388 unidades en serie y 14 inversores, donde se necesita área estima de 958.96mt<sup>2</sup>. Por lo tanto, este diseño difiere al propuesto por (Díaz, 2018) que estuvo compuesto por 66 paneles fotovoltaicos de 190 Wp de potencia cada uno, 24 baterías de acumuladores, 03 reguladores de carga y 03 inversores. Además, (Ibrik, 2020) en su artículo que el rendimiento de micro redes fotovoltaicas fuera de red de 6,2 kW y 9,6 kW para el riego y otros requerimientos para áreas de 4 y 5,5 hectáreas. Tal diferencia en las cantidades se debe a la demanda que se tiene que suministrar, que, para la presente investigación, se determinó en 59.2 kW, que es muy superior a las potencias obtenidas en los trabajos previos a este trabajo.

Respecto al análisis del costo beneficio del proyecto resultó en una inversión de - S/ S/ 1,376,412.04 con un ingreso de S/ 545,364.19 en la proyección de 20 años, por lo que de acuerdo con el análisis VAN se indica que proyecto es rentable debido a que se recupera la inversión y costos de operación en 17.61%. De la misma manera (Ventura, 2019) determinó que el costo con el rol subsidiario del estado en el proyecto, el costo del proyecto asciende S/. 3465,64 y el valor de TIR 37,17% haciendo viable el proyecto.

En este sentido, (Calcagnotto, 2020) también realizó un análisis de factibilidad económica del proyecto, obteniendo que el sistema híbrido es más rentable que extender la red eléctrica, y que más allá de la rentabilidad económica, la rentabilidad social, la soberanía energética lograda, ayuda a la población a desarrollarse y mejorar su calidad de vida. Este fundamento también es apoyado por (Gómez, 2018), donde se establece que es factible el uso de estas tecnologías en viviendas rurales de Chile, mejorando la calidad eléctrica y generando ahorro con la disminución de consumo de la red pública, El trabajo presente coincide con la investigación del autor Calcagnotto, en el punto que el suministro de energía eléctrica a centros poblados alejados permite su desarrollo, mejorando sus ingresos económicos y permitiendo el surgimiento de nuevos emprendimientos.

Sin embargo, otras investigaciones llegaron al mismo resultado, tal es el caso de (Príncipe, 2019) que obtuvo una inversión de S/. 11327, más una reinversión en el décimo año de S/. 277 40,40 por el cambio de baterías, asimismo el análisis VAN es negativo con un valor de -S/. 1 318 608,11, y un beneficio costo de 0,11 lo que indica que el proyecto no rentable económicamente. Asimismo (Vélez, 2018) realizó un impacto socio económico del sistema fotovoltaico determinando que no era factible ampliar la red usando este sistema, existiendo alternativas más económicas.

Finalmente, diseñar una minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos para el suministro de energía en el centro poblado Totoras–Incahuasi-Lambayeque logró ser eficiente para la localidad rural. De esta manera, se obtuvo el mismo resultado en el estudio de (Salazar, 2017) logrando además mejorar el promedio de generación a 430 Wh, superando el 23 Wh del sistema otorgado por el MINEM, mejorando la calidad de vida de la población en áreas alejadas del país. Mientras que (Wassie & Adaramola 2020) indicaron que la implementación de sistemas fotovoltaicos ayuda a reducir el consumo de 43,68 L de queroseno permitiendo que un hogar pueda ahorrar entre US\$ 65 y \$ 75, además de brindar acceso a la energía eléctrica entre 3 y 5 horas.



## VI. CONCLUSIONES

- Se obtuvo una demanda de energía eléctrica de los pobladores de Totoras de 58 kW con una proyección en el horizonte a 20 años para el consumo de energía de 101, 893 kWh – anual, cuya tasa de crecimiento poblacional fue 1.2 %, mientras que la tasa de crecimiento de los consumos de energía fue 1.5%.
- Las condiciones climatológicas presentaron una irradiación horizontal global y la irradiación difusa horizontal fue 5.68 kWh/m<sup>2</sup> – día y 2.24 kWh/m<sup>2</sup> – día respectivamente con una inclinación de paneles fotovoltaicos de 16°. Además, la temperatura, velocidad del viento y humedad relativa anual fue 12.4; 4.8; 57.5 respectivamente y se tuvo un HSP de 5 horas diarias.
- El diseño del sistema fotovoltaico estuvo compuesto por 190 paneles solares, asimismo se necesitaron 4 grupos de 97 baterías en serie y 14 inversores, para lo cual se necesitará un área estima de 958.96m<sup>2</sup>.
- El análisis del costo beneficio del proyecto logró identificar una inversión de S/. 1 376 412.04 con un ingreso de S/.545 364 ,19 por lo que de acuerdo con el análisis VAN se indica que el proyecto es rentable debido a que se recupera la inversión y costos de operación en un 17.61%; con un costo beneficio de 1.30; recuperando la inversión en 9 años 9 meses.
- La minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos para el suministro de energía en el centro poblado Totoras–Incahuasi-Lambayeque resultó eficiente para cubrir las demandas y requerimientos de la localidad rural.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar capacitaciones sobre el funcionamiento y cuidado ante condiciones climáticas a los habitantes del área de estudio con la finalidad de disminuir problemas con la energía eléctrica y potenciar la vida útil de los componentes, a su vez que se eliminen gastos en el reemplazo o mantenimiento.
- Llevar a cabo un estudio de ciclo de vida para cada uno de los componentes en relación con los impactos ambientales y energéticos, así como la disposición final de los materiales al término de su funcionamiento.
- Desarrollar investigaciones de la energía solar fotovoltaica en comparación con energía eólica, micro hidroeléctrica y de biogás para determinar la más rentable en diferentes escenarios, incluyendo un aumento de carga previsto.
- Para posteriores estudios se recomienda incluir dentro del presupuesto de estudio y recolección de data, la adquisición de un equipo Pirómetro para poder medir valores de radiación solar de manera precisa. Debido a su alto costo no fue factible obtenerlo, así mismo no encontramos empresas que realicen servicio de alquiler de dicho equipo de medición. Por lo cual se tuvo que elaborar con software alternativos.

## REFERENCIAS

- ARIAS, José; COVINOS, M., 2021. *Diseño y metodología de la investigación* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>.
- ATLASSOLAR, 2022. Energía Renovable – Solar, Eólica e Hidráulica. *atlassolar* [en línea]. Disponible en: <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar/radiacion-departamento/>.
- BANCO MUNDIAL, 2021. Acceso a la electricidad. *Banco Mundial* [en línea]. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS?end=2019&start=1990&view=chart>.
- CALCAGNOTTO, M., 2020. *Diseño de un sistema híbrido renovable para suministro de electricidad a una comunidad rural aislada en la zona del triángulo Ixil, Guatemala* [en línea]. S.l.: Universitat Politècnica de València. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/150911>.
- CONSTANTE, A.M., 2020. Automóviles Impulsados Por Energía Solar : Una Revisión. ,
- DÍAZ, F.D., 2018. *Dimensionamiento de una minicentral fotovoltaica aislada para el suministro de energía eléctrica al centro poblado Guarrago ubicado en el distrito de Sókota, provincia de Cutervo, Departamento de Cajamarca* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2502/BC-TES-TMP-1375.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRIFICACIÓN, 2020. Plan Nacional de Electrificación (PNER) Periodo 2021-2023. [en línea]. Lima: Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1987203/PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL 2021 - 2023.pdf.pdf>.
- DOMÍNGUEZ, R., LEÓN, M., SAMANIEGO, J. y SUNKEL, O., 2019. *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad*. S.l.: s.n. ISBN 97892104799462.
- FAJARDO, H., 2021. La energía fotovoltaica en el riego agrícola: Revisión de

literatura. , pp. 36.

FERÓN, S., 2016. Sustainability Off - Grid Photovoltaic Systems for Rural Electrification in Developing Countries:A review. *Sustainability* [en línea], DOI <https://doi.org/10.3390/su8121326>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/12/1326>.

FREIRE, E.E.E., 2020. La búsqueda de información científica en las bases de datos académicas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, vol. 3, no. 1, pp. 31-35. ISSN 2631-2662.

JÁUREGUI, Sergio, BELTRÁN, Jorge y Dominguez, Alexander. Sistema fotovoltaico conectado a la red para aumentar la división territorial copextel cienfuegos. Anteproyecto y simulación. 2019. Cuba: Editorial Feijó, 2019, Vol. 46. ISSN:223-4861.

GALLARDO, L.E., 2017. *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n.

GARCÍA-PEÑALVO, F., 2017. Revisión sistemática de literatura para artículos. *Educational Researcher*, vol. 34, no. 6, pp. 3-15. ISSN 0013189X. DOI 10.3102/0013189X034006003.

GHOSH, SAPTAK; NAIR, AKHILESH ; KRISHNAN, S., 2014. Techno - Economic review of rooftop photovoltaic systems: Case studies of industrial, residential and off - grid rooftop in Bangalore, Karnataka. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], DOI 10.1016/j.rser.2014.10.094. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114009198>.

GÓMEZ-RAMÍREZ, Jhonatan, Murcia-Murcia, Jairo y Cabeza-Rojas, Ivan. La energía solar fotovoltaica en Colombia: Potenciales, antecedentes y perspectivas. 2017. Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2017.

GÓMEZ, M., 2021. Central fotovoltaica. [en línea]. Disponible en: <https://www.gomezmaqueda.com/2021-10-planta-piloto-fotovoltaica/>.

GÓMEZ, M.A., 2018. *Diseño e implementación de viviendas rurales con energías verdes fotovoltaica y eólicas* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.umayor.cl/xmlui/handle/sibum/6822>.

- GONZÁLEZ, Mario. Inversores inteligentes en sistemas de energía solar fotovoltaica. 2019. Potosí: s.n., 2019, Universidad Autónoma de Potosí, págs. 24-29
- GONZALES, A., 2018. *Proyecto de Tesis: Guía para la elaboración*. Arequipa: s.n.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C.P., 2018. *Metodología de la Investigación. Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta*. S.l.: s.n. ISBN 978-1-4562-6096-5.
- HLAL, IZDI MOHAMAD; RAMACHANDARAMURTHY, VIGNA K.; SARHAN, AMEEN; POURYEKTA, AREF; SUBRAMANIAM, U., 2019. Optimun battery depth of discharge for off - Grid solar PV/battery system. *Journal of Energy Storage* [en línea], DOI <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100999>. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352152X19305286#!>
- IBRIK, I., 2020. Sistemas solares fotovoltaicos de microrredes para el desarrollo rural y la agricultura sostenible en palestina. *Agronomy* [en línea], DOI 10.3390/agronomía10101474. Disponible en:  
<https://www.mendeley.com/catalogue/33747542-26fd-3c52-a70a-1c59926ce325/>.
- INEI, 2022. Sistema de información de centros poblados. [en línea]. Disponible en:  
<http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, 2019. Acceso a los servicios básicos en el Perú, 2013 - 2019. . S.l.:
- JAVED, KASHIF; ASHFAQ, HAROON; SINGH, RAJVEER; HUSSAIN, SM SUHAIL; USTÚN, T.S., 2019. Design and performance analysis of astand-alone PV system with hybrid energy storage for rural India. *Photovoltaic Systems for Sustainable Energy* [en línea], DOI <https://doi.org/10.3390/electronics8090952>. Disponible en:  
<https://www.mdpi.com/2079-9292/8/9/952/htm>.
- KURPASKA, S., KNAGA, J., LATAŁA, H., SIKORA, J. y TOMCZYK, W., 2018. Efficiency of solar radiation conversion in photovoltaic panels. *BIO Web of*

*Conferences*, vol. 10, pp. 2014. ISSN 2117-4458. DOI 10.1051/BIOCONF/20181002014.

LÓPEZ, P.R., 2021. Metodología de la investigación : de lector a divulgador. ,

MADRAZO, M., 2021. *Estudio De Diversas Soluciones Energéticas Desde La Perspectiva De La Tecnología Para El Desarrollo Humano*. S.I.: UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.

MCDONALD, J.D., 2020. *La fotovoltaica en el ámbito urbano: Estado del arte* [en línea]. Caraluña: s.n. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/341220/Macdonald\\_Report\\_2020-01-FV.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/341220/Macdonald_Report_2020-01-FV.pdf?sequence=1).

MINEM, 2011. *Electrificación rural, Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos* [en línea]. Lima: s.n. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/instrumentos\\_metod/energia/Diseno\\_ELECTRIFICACION\\_RURAL\\_corregido.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/energia/Diseno_ELECTRIFICACION_RURAL_corregido.pdf).

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - MINEM, 2021. Principales Indicadores Del Sector Eléctrico a Nivel Nacional - Febrero 2021. *Ministerio de Energía y Minas - MINEM*, vol. 2021, pp. 2.

NADER, N., AL-KOUZ, W., & AL-DAHIDI, S. (2020). Assessment of Existing Photovoltaic System with Cooling and Cleaning System: Case Study at Al-Khobar City. *Processes*. doi:<https://doi.org/10.3390/pr8010009>

ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. S.I.: s.n. ISBN 9788578110796.

ORDOÑEZ, L., y otros. 2020. Predicción de radiación solar en sistemas fotovoltaicos utilizando técnicas de aprendizaje automático. Colombia: s.n., 2020. ISSN: 0121-1129.

ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 2021. *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas*. San José: CEPAL.

- OSINERGMIN, 2016. *La industria de la electricidad en el Perú*. S.l.: s.n. ISBN 978-612-47350-0-4.
- PIETROSEMOLI, L., & RODRÍGUEZ, C. (2019). The Venezuelan energy crisis: Renewable energies in the transition towards sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 415-426. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119301078>
- PRÍNCIPE, Y.A., 2019. *Diseño del sistema fotovoltaico de 3 kW en zonas rurales de Socorro, Huarumpa y Yanuna del distrito de Paucas-Huari-Ancash* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2945/Yonaldo Principe\\_Trabajo de Suficiencia Profesional\\_Titulo Profesional\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2945/Yonaldo_Principe_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- PVSYST, 2022. PVSystem. [en línea]. Disponible en: <https://www.pvsyst.com/>.
- RAMLI, M.A.M., BOUCHEKARA, H.R.E.H., SHAHRIAR, M.S., MILYANI, A.H. y RAWA, M., 2021. Maximization of Solar Radiation on PV Panels With Optimal Intervals and Tilt Angle: Case Study of Yanbu, Saudi Arabia. *Frontiers in Energy Research*, vol. 9, pp. 661. ISSN 2296598X. DOI 10.3389/FENRG.2021.753998/BIBTEX.
- RATHORE, N., LAL, N., YETTOU, F., & GAMA, A. (2021). A comprehensive review of different types of solar photovoltaic cells and their applications. *International Journal of Ambient Energy*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01430750.2019.1592774>
- RÚA-RAMÍREZ, E., MENDOZA-JIMÉNEZ, I., TORRES-SUAREZ, E., FLÓREZ-SERRANO, E. y SERRANO-RICO, J., 2021. Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. *Revista UIS Ingenierías*, vol. 20, no. 2, pp. 1-9. ISSN 2145-8456. DOI 10.18273/revuin.v20n2-2021001.
- RUIZ, K. y MIMBELA, M., 2021. Análisis del Sector de Salud en el Perú. , no. Mayo.
- SALAZAR, J., 2017. *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para*

*abastecimiento eficiente de energía en el ámbito rural* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3935/SalazarEspinoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SCHMERLER, DANIEL; VELARDE, JOSÉ; RODRÍGUEZ, ABEL; SOLÍS, B., 2019. *Energías renovables: Experiencias y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética* [en línea]. Lima: OSINERGMING. Disponible en: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf).

SIMISTERRA-QUIÑONEZ, É.P., ROSA-MONSERRATE, R.A. y SUÁREZ-LÓPEZ, S.C., 2018. La viabilidad de un proyecto, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, vol. 2, no. 17, pp. 9-15. ISSN 2588-1000. DOI 10.29018/issn.2588-1000vol2iss17.2018pp9-15.

TEJADA, A., 2020. *La energía renovable y su impacto en la calidad de vida de los residentes de las zonas rurales de Lima, 2020*. S.l.: s.n.

VÁSQUEZ, A.J., 2019. *Dimensionamiento de un sistema eléctrico fotovoltaico aislado PVSYST 6.7 en el centro poblado Boca Chinganaza en condorcanqui - Amazonas* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8713/Vasquez\\_Diaz.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8713/Vasquez_Diaz.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

VÉLEZ, A.M., 2018. Estudio de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en el canton Chone, Manabí, Ecuador. *Revista RIEMAT* [en línea], Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1420/1500>.

VENKATESWARI, R.; SREEJITH, S., 2019. Factors influencing the efficiency of photovoltaic system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, DOI 10.1016/j.rser.2018.11.012.



- VENTURA, W.L., 2019. *Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar con energía eléctrica al caserío Tolospampa, distrito Incahuasi, Ferreñafe, Lambayeque*. [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8065/BC-4445 VENTURA LEON.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8065/BC-4445%20VENTURA%20LEON.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- WASSIE, Y.; ADARAMOLA, M., 2020. Socio-economic and environmental impacts of rural electrification with Solar Photovoltaic systems: Evidence from southern Ethiopia. *Energy for Sustainable Development* [en línea], DOI 10.1016/j.esd.2020.12.002. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/57c6ec70-3f36-305d-9cca-4a3622c5d2a6/>.
- YANG, M., WANG, K., CUI, Y., FENG, F., SU, X. y MA, C., 2021. Investigating the Predictability of Photovoltaic Power Using Approximate Entropy. *Frontiers in Energy Research*, vol. 9. ISSN 2296598X. DOI 10.3389/FENRG.2021.681494.
- ZHENG, M., LIN, S., TANG, Z., FENG, Y., & WANG, Z. (2021). Photovoltaic effect and tribovoltaic effect at liquid-semiconductor interface. *Nano Energy*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211285521000689>

## ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala
Independiente: Diseño de una mini central fotovoltaica.	Permite la conversión de la energía del sol en energía eléctrica mediante elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos (Rúa-Ramírez et al. 2021).	La energía del sol se capta y se aprovecha, transformándola por medio de celdas solares, para luego pasar por el regulador y finalmente a las baterías para su almacenamiento.	Demanda	Cargas a suministrar	Cuestionario	W
			Recurso Climático	Temperatura	Datos obtenidos de PVsyst	°C
				Radiación solar		KWh/m <sup>2</sup>
				Velocidad del viento		m/s <sup>2</sup>
Diseño del sistema Eléctrico	Potencia de las celdas. Conexión de las celdas	Cálculos	----			
Dependiente: Suministro de energía.	La energía eléctrica se genera a partir del movimiento de electrones. Para su uso, se utilizan conductores que transportan la energía a suministrar (Ministerio de Energía y Minas, 2021).	El suministro eléctrico comprende un conjunto de sistemas de generación, transporte y distribución, que tienen como objetivo llevar el fluido eléctrico a hacia las cargas que requieran la energía.	Potencia	Tensión	Cálculos	V
				Corriente		A

## Anexo 2. Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>General:</p> <p>¿Cómo el diseño de una minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos permite suministrar energía al centro poblado Totoras-Incahuasi-Lambayeque?</p>	<p>General:</p> <p>Diseñar una minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos para el suministro de energía, centro poblado Totoras-Incahuasi-Lambayeque</p> <p>Específicos:</p> <p>Determinar la demanda de energía eléctrica de los pobladores de Totoras.</p> <p>Caracterizar las condiciones climatológicas de la localidad.</p> <p>Diseñar el sistema fotovoltaico y seleccionar los componentes.</p> <p>Realizar un análisis del costo beneficio del proyecto</p>	<p>General:</p> <p>El diseño de una minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos permite suministrar energía a todo el centro poblado Totoras-Incahuasi-Lambayeque.</p>	<p>Independiente:</p> <p>Diseño de una mini central fotovoltaica.</p> <p>Dependiente:</p> <p>Suministro de energía.</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Enfoque:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Diseño:</p> <p>No experimental</p> <p>Técnica de recolección de información:</p> <p>Documentos científicos, PVsyst, INEI, SENAMHI.</p> <p>Instrumentos</p> <p>De recolección de datos:</p> <p>Guía de observación.</p>	<p>Datos a recolectar:</p> <p>Número de viviendas, cargas</p> <p>Población:</p> <p>Centros poblados de Incahuasi.</p> <p>Muestra:</p> <p>Centro poblado de Totoras.</p>

### **Anexo 3.** Instrumentos de recolección de información

#### CUESTIONARIO PARA ESTUDIO DE MERCADO ELÉCTRICO

Encuestador:

Fecha: ... / ... / ...

Presentación:

Buenos días/ Buenas tardes: Estamos desarrollando un estudio sobre electrificación rural, mi nombre es..., soy estudiante de la Universidad Cesar Vallejo. En esta oportunidad estamos realizando un levantamiento de información que permita la realización del proyecto de investigación. Esta información será utilizada únicamente para fines estadísticos y de investigación.

P1. ¿Acepta usted participar en la encuesta?

1. Sí, acepto.
2. No.

P2. Las respuestas se tratarán como información confidencial, ¿Está de acuerdo con ofrecer información o datos de índole personal?

1. Sí, acepto.
2. No.

P3. ¿Cuenta usted con energía eléctrica?

1. Sí
2. No.

P4. ¿Qué tipos de fuente de energía usa?

- |                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 1. Electricidad.   | 4. Leña.                      |
| 2. Solar térmica.  | 5. Baterías.                  |
| 3. Carbón de leña. | 6. Otra fuente (especificar). |

P5. ¿Qué usos le da a la energía?

- |                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| 1. Iluminación.                | 5. Bombeo de agua. |
| 2. Cocción.                    | 6. Fuerza motriz.  |
| 3. Refrigeración de alimentos. | 7. Otros usos.     |
| 4. Calefacción.                |                    |

P6. ¿Con cuántas luminarias cuenta la vivienda?

1. Cuenta con 1 luminaria.
2. Cuenta con 2 luminarias.
3. Cuenta con 3 luminarias.
4. Otra cantidad (especificar).

P7. ¿Qué tipos de luminarias tiene en la vivienda?

- |                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| 1. Incandescente. | 3. Ahorradores.     |
| 2. Fluorescente.  | 4. Dicroicos (LED). |

P8. ¿Cuál es la potencia de la luminaria?

- |         |          |
|---------|----------|
| 1. 10W. | 5. 40W.  |
| 2. 15W. | 6. 50W.  |
| 3. 20W. | 7. 60W.  |
| 4. 30W. | 8. 100W. |

P9. ¿Cuántas horas al día enciende la luz... (mencionar el ambiente de la vivienda)?

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Una hora al día.     | 5. Cinco horas al día. |
| 2. Dos horas al día.    | 6. Seis horas al día.  |
| 3. Tres horas al día.   | 7. otro (especificar)  |
| 4. Cuatro Horas al día. |                        |

P10. ¿Qué tipos de artefactos tienen en la vivienda?

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1. Laptop.                     | 7. Plancha.             |
| 2. Tablet                      | 8. VHS/DVD/blue-ray.    |
| 3. Teléfono.                   | 9. Equipo de Sonido.    |
| 4. Celular.                    | 10. Radio.              |
| 5. Televisor a color.          | 11. Computadora.        |
| 6. Televisor a blanco y negro. | 12. Otro (especificar). |

P11. ¿Qué cantidad posee por artefacto? (marcar cantidad por artefacto en la tabla de artefactos).

1. solo 1.
2. Solo 2.
3. Solo 3.
4. más de 3 (especificar).

P12. ¿Cuántas horas al día usa el artefacto? (marcar la opción por cada uno de los artefactos que disponga el entrevistado en la tabla de artefactos).

1. Una hora al día.
2. Dos horas al día.
3. Otro (especificar).

**Tabla 25.** Tabla de artefactos.

Artefacto	P10 Tipo	P11 Cantidad	P12 Horas al día
Laptop			
Tablet			
Teléfono			
Celular			
Televisor a color			
Televisor a blanco y negro			
Plancha			
VHS/DVD/blue-ray			
Equipo de Sonido			
Radio			
Computadora			
Otro (especificar)			

Fuente. Tomado y adaptado de (Ministerio de Energía y Minas, 2015).

## Anexo 4. Validación de instrumento

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LOS COSTOS DE REPARACIÓN

VARIABLE/ DIMENSIÓN	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
	Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE DEPENDIENTE: Diseño de la minicentral fotovoltaica							
Dimensión 1: Demanda. <ul style="list-style-type: none"> <li>Cargas a suministrar.</li> </ul>	X						
Dimensión 2: Recurso climático <ul style="list-style-type: none"> <li>Radiación solar.</li> <li>Temperatura.</li> <li>Velocidad de viento.</li> </ul>	X						
Dimensión 3: Diseño del sistema eléctrico. <ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia de las celdas.</li> <li>Conexión de las celdas</li> </ul>	X						
VARIABLE DEPENDIENTE: Suministro de energía.	Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Suministro de energía. <ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia.</li> </ul>	X						



Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador.

*Paz Ybañez Ernesto Segundo*

DNI:

*71128648*

Especialidad del validador:

*Ing. Mecánico electricista*

<sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

06 de Febrero del 2022  
 ERNESTO SEGUNDO  
 PAZ YBAÑEZ  
 Ingeniero Mecánico Electricista  
 CIP N° 255637

Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LOS COSTOS DE REPARACIÓN**

VARIABLE/ DIMENSIÓN	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
	Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE DEPENDIENTE: Diseño de la minicentral fotovoltaica							
Dimensión 1: Demanda. <ul style="list-style-type: none"> <li>Cargas a suministrar.</li> </ul>	X						
Dimensión 2: Recurso climático <ul style="list-style-type: none"> <li>Radiación solar.</li> <li>Temperatura.</li> <li>Velocidad de viento.</li> </ul>	X						
Dimensión 3: Diseño del sistema eléctrico. <ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia de las celdas.</li> <li>Conexión de las celdas.</li> </ul>	X						
VARIABLE DEPENDIENTE: Suministro de energía.	Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Suministro de energía. <ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia.</li> </ul>	X						

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):**
**Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]**
**Apellidos y nombres del juez validador.**

MARROQUIN GUANILO FLAVIO

**DNI:** 71415205

**Especialidad del validador:**

ING. MECÁNICO

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

06 de Febrero del 2022

 FLAVIO GIORDANO  
 MARROQUIN GUANILO  
 Ingeniero/Mecánico  
 CIP N° 239302

Firma del Experto Informante.



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LOS COSTOS DE REPARACIÓN**

VARIABLE/ DIMENSIÓN	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
	Si	No	Si	No	Si	No	
VARIABLE DEPENDIENTE: Diseño de la minicentral fotovoltaica							
Dimensión 1: Demanda. <ul style="list-style-type: none"> <li>Cargas a suministrar.</li> </ul>	X						
Dimensión 2: Recurso climático <ul style="list-style-type: none"> <li>Radiación solar.</li> <li>Temperatura.</li> <li>Velocidad de viento.</li> </ul>	X						
Dimensión 3: Diseño del sistema eléctrico. <ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia de las celdas.</li> <li>Conexión de las celdas</li> </ul>	X						
VARIABLE DEPENDIENTE: Suministro de energía.							
Dimensión 1: Suministro de energía. <ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia.</li> </ul>	X						

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):**

 Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

**Apellidos y nombres del juez validador.**

DIAZ LOPEZ JUAN CARLOS

**DNI:**

70674451

**Especialidad del validador:**

ING. MECANICA

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

06 de Febrero del 2022


 JUAN CARLOS DIAZ LOPEZ  
 Ingeniero Mecánico  
 CIP Nº 263886

Firma del Experto Informante.

Anexo 5. Proyección Máxima demanda (kW)

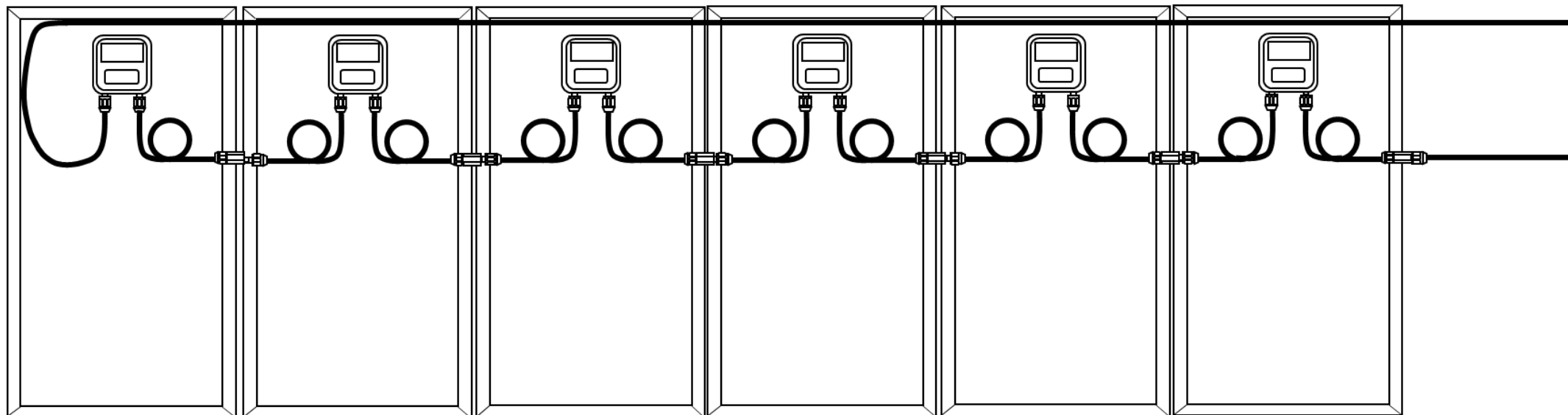
DESCRIPCIÓN	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
	0	1	2	3	4	5	6
Población Total	700	708	717	726	734	743	752
Población a Electrificar	700	708	717	726	734	743	752
Grado de Electrificación	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Abonado Totales	115	111	113	114	115	117	118
Número de abonados domésticos	110	106	108	109	110	112	113
Número de abonados comerciales	2	2	2	2	2	2	2
Número de abonados de uso general	3	3	3	3	3	3	3
Número de abonados de peq. Industrial	0	0	0	0	0	0	0
Consumo anual por abonado doméstico	63360	64310	65275	66254	67248	68257	69281
Consumo anual por abonado comercial	911	911	911	911	911	911	911
Consumo anual por abonado de usos generales	5276	5276	5276	5276	5276	5276	5276
Consumo anual de abonados peq. Industrias	0	0	0	0	0	0	0
<b>Consumo de energía (kWh-año)</b>	69547.00	70497.00	71462.00	72441.00	73435.00	74444.00	75468.00
<b>Cálculo del consumo de Alumbrado Público</b>							
Consumo mensual de AP - CMAP (kWh)	725	699	712	718	725	737	743
Puntos de Iluminación	33	32	32	33	33	34	34
Consumo anual de AP kWh -año	8554	8294	8294	8554	8554	8813	8813
<b>Consumo Total de energía (kW.h)</b>	78101	78791	79756	80995	81989	83257	84281
<b>Máxima demanda (kW)</b>	45	45	46	46	47	48	48

DESCRIPCIÓN	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	6	7	8	9	10	11
Población Total	752	761	770	779	789	798
Población a Electrificar	752	761	770	779	789	798
Grado de Electrificación	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Abonado Totales	118	120	121	123	124	125
Número de abonados domésticos	113	115	116	118	119	120
Número de abonados comerciales	2	2	2	2	2	2
Número de abonados de uso general	3	3	3	3	3	3
Número de abonados de peq. Industrial	0	0	0	0	0	0
Consumo anual por abonado doméstico	69281	70320	71375	72446	73533	74636
Consumo anual por abonado comercial	911	911	911	911	911	911
Consumo anual por abonado de usos generales	5276	5276	5276	5276	5276	5276
Consumo anual de abonados peq. Industrias	0	0	0	0	0	0
<b>Consumo de energía (kW.h-año)</b>	<b>75468.00</b>	<b>76507.00</b>	<b>77562.00</b>	<b>78633.00</b>	<b>79720.00</b>	<b>80823.00</b>
<b>Cálculo del consumo de Alumbrado Público</b>						
Consumo mensual de AP - CMAP (kWh)	743	756	762	775	781	788
Puntos de Iluminación	34	35	35	35	36	36
Consumo anual de AP kW.h -año	8813	9072	9072	9072	9331	9331
<b>Consumo Total de energía (kW.h)</b>	<b>84281</b>	<b>85579</b>	<b>86634</b>	<b>87705</b>	<b>89051</b>	<b>90154</b>
<b>Máxima demanda (kW)</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>51</b>

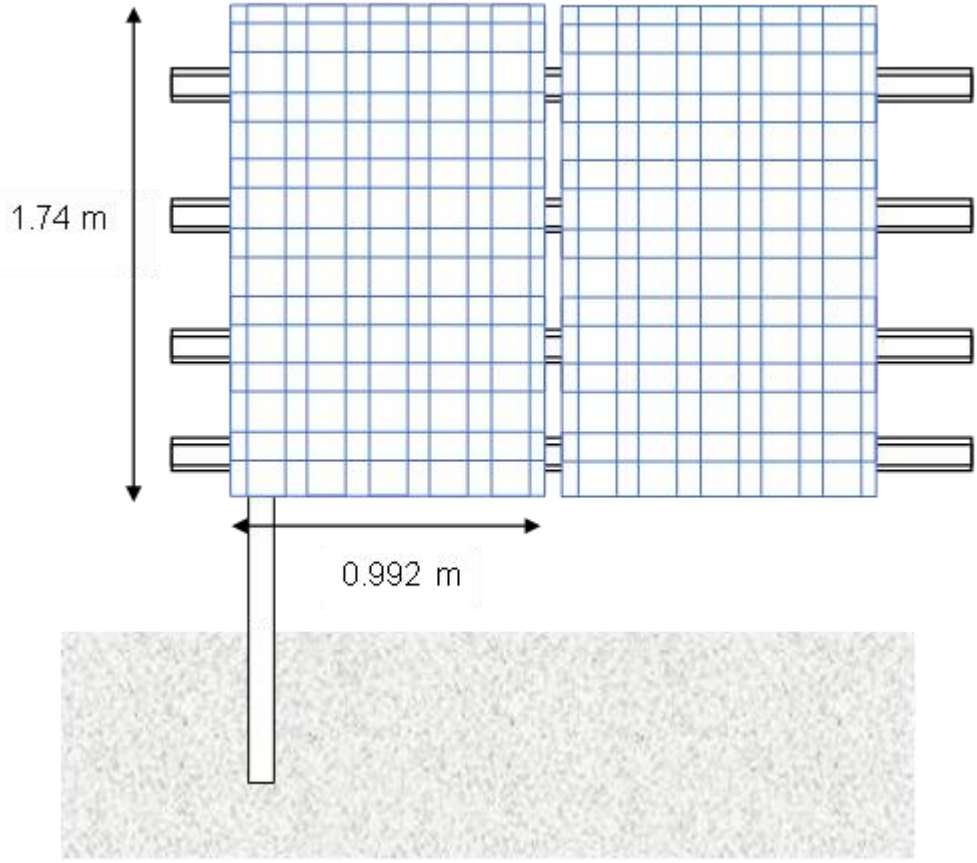
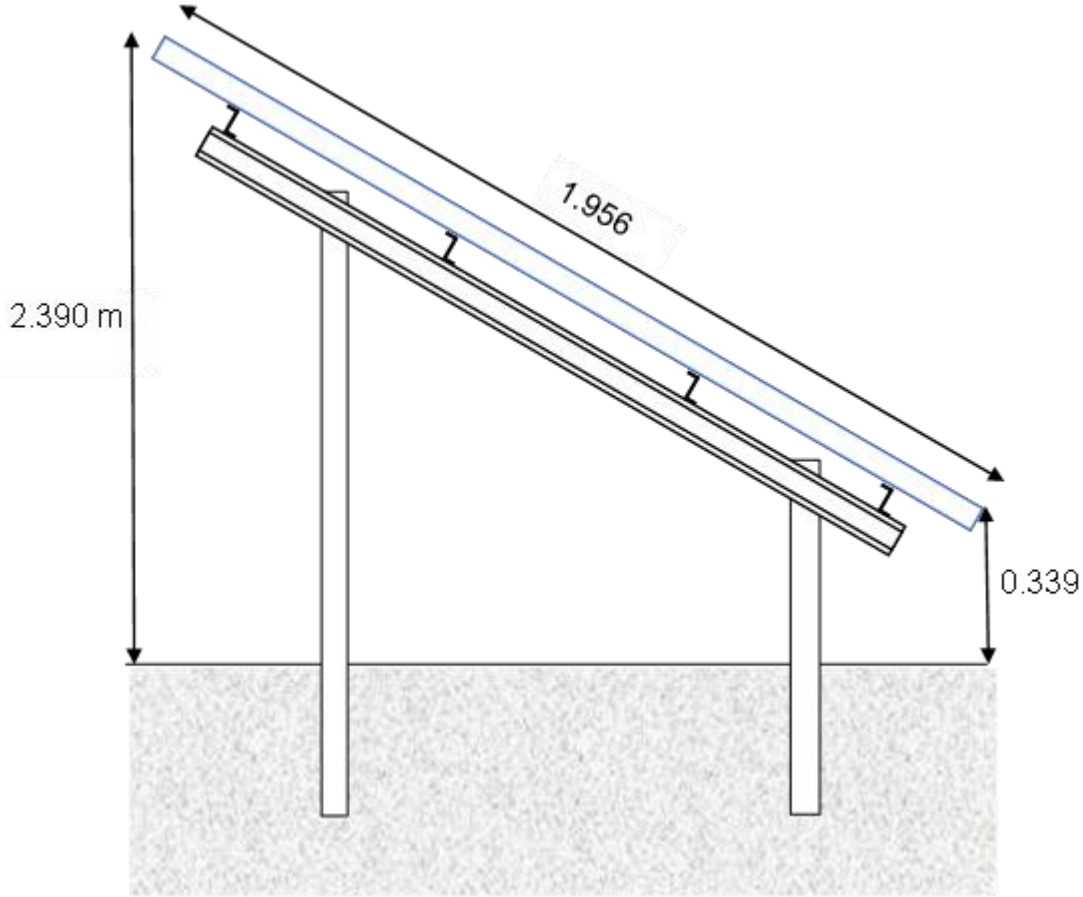
	DESCRIPCIÓN				
	2039	2040	2041	2042	
DESCRIPCIÓN	2034	2035	2036	2037	2038
	12	13	14	15	16
Población Total	808	817	827	837	847
Población a Electrificar	808	817	827	837	847
Grado de Electrificación	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Abonado Totales	127	129	130	132	133
Número de abonados domésticos	122	124	125	127	128
Número de abonados comerciales	2	2	2	2	2
Número de abonados de uso general	3	3	3	3	3
Número de abonados de peq. Industrial	0	0	0	0	0
Consumo anual por abonado doméstico	75756	76892	78045	79216	80404
Consumo anual por abonado comercial	911	911	911	911	911
Consumo anual por abonado de usos generales	5276	5276	5276	5276	5276
Consumo anual de abonados peq. Industrias	0	0	0	0	0
Consumo de energía (kW.h-año)	81943.00	83079.00	84232.00	85403.00	86591.00
Cálculo del consumo de Alumbrado Público					
Consumo mensual de AP - CMAP (kWh)	800	813	819	832	838
Puntos de Iluminación	37	37	37	38	38
Consumo anual de AP kW.h -año	9590	9590	9590	9850	9850
Consumo Total de energía (kW.h)	91533	92669	93822	95253	96441
Máxima demanda (kW)	52	53	54	54	55

	17	18	19	20
Población Total	857	868	878	889
Población a Electrificar	857	868	878	889
Grado de Electrificación	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Abonado Totales	135	136	138	140
Número de abonados domésticos	129	130	132	134
Número de abonados comerciales	2	2	2	2
Número de abonados de uso general	4	4	4	4
Número de abonados de peq. Industrial	0	0	0	0
Consumo anual por abonado doméstico	81610	82834	84077	85338
Consumo anual por abonado comercial	911	911	911	911
Consumo anual por abonado de usos generales	5276	5276	5276	5276
Consumo anual de abonados peq. Industrias	0	0	0	0
Consumo de energía (kW.h-año)	87797.00	89021.00	90264.00	91525.00
Cálculo del consumo de Alumbrado Público				
Consumo mensual de AP - CMAP (kWh)	851	857	869	882
Puntos de Iluminación	39	39	40	40
Consumo anual de AP kW.h –año	10109	10109	10368	10368
Consumo Total de energía (kW.h)	97906	99130	100632	101893
Máxima demanda (kW)	56	57	57	58

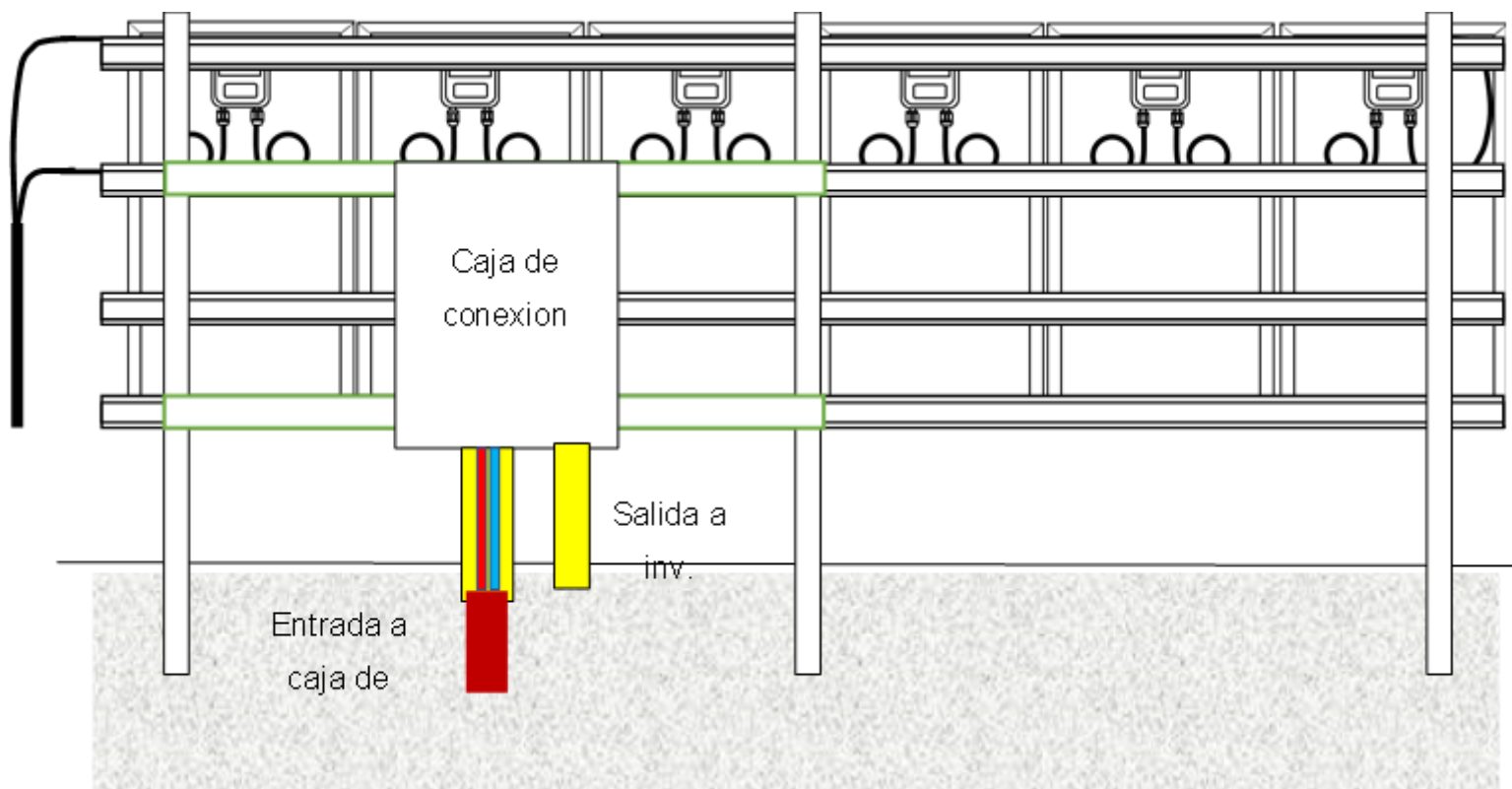
**Anexo 6.** Conexión en serie tipo cadena de los módulos.



**Anexo 7.** Soporte de los módulos fotovoltaicos.

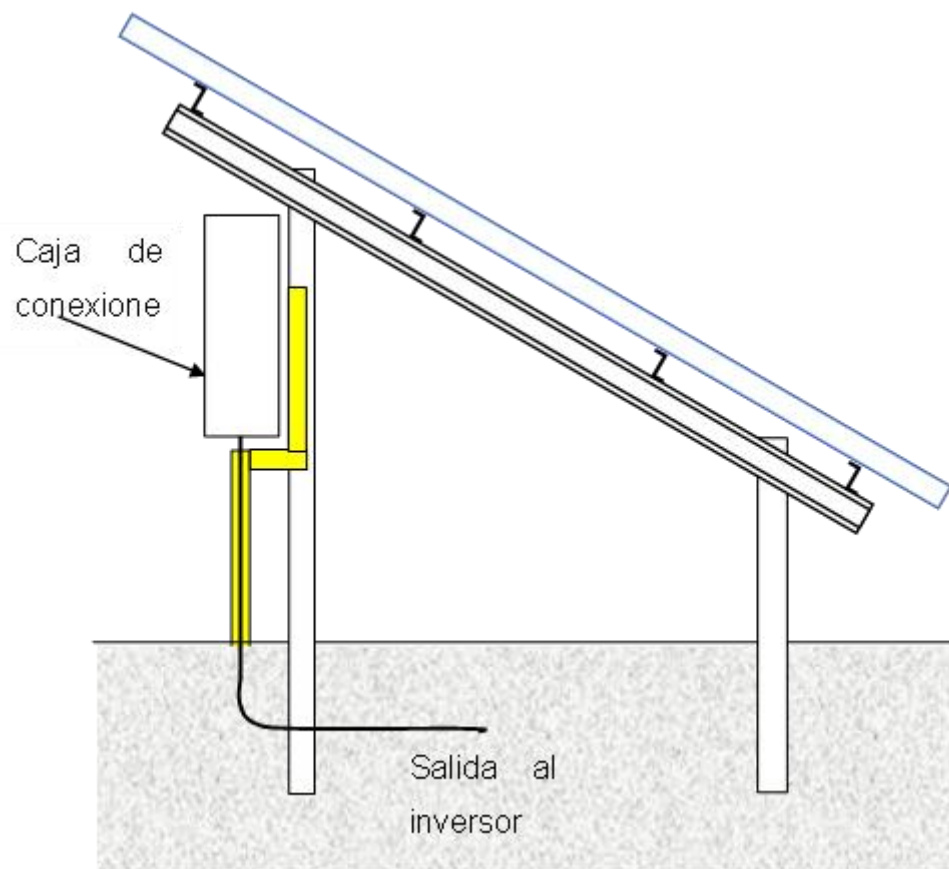


**Anexos 8.** Caja de conexiones y soporte de los módulos fotovoltaicos.

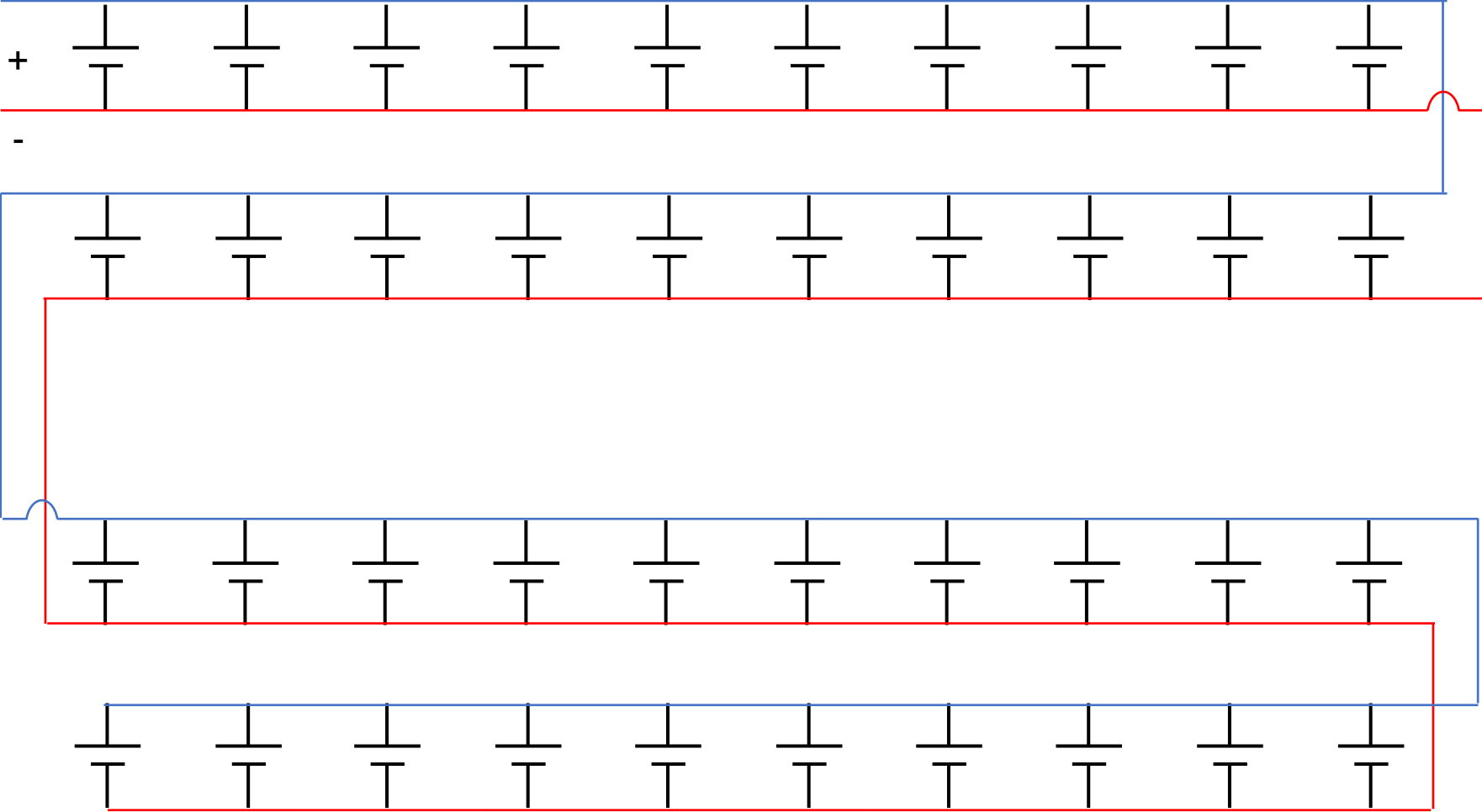




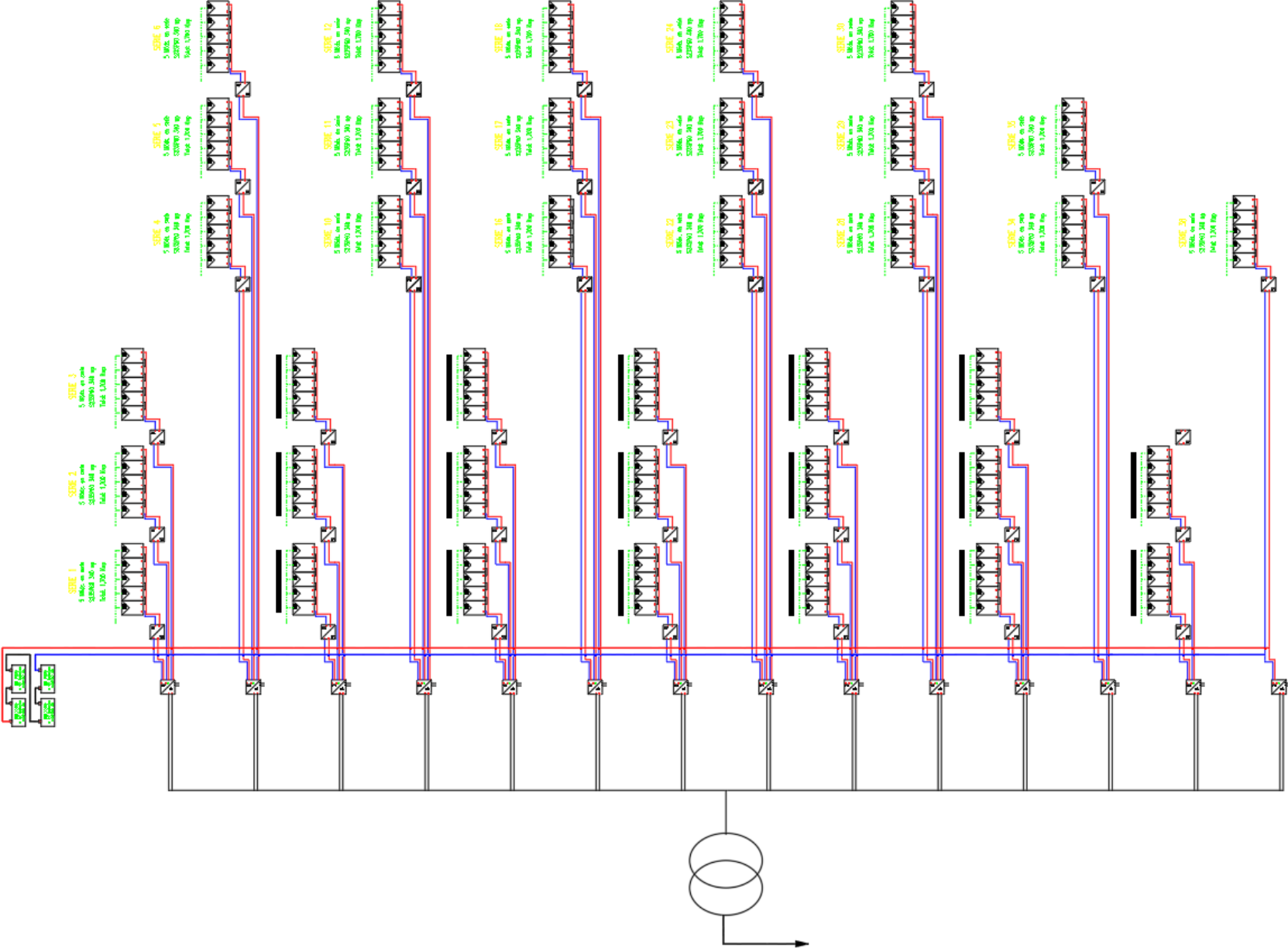
**Anexos 9.** Vista de perfil de la caja de conexión y soporte de los módulos fotovoltaicos.



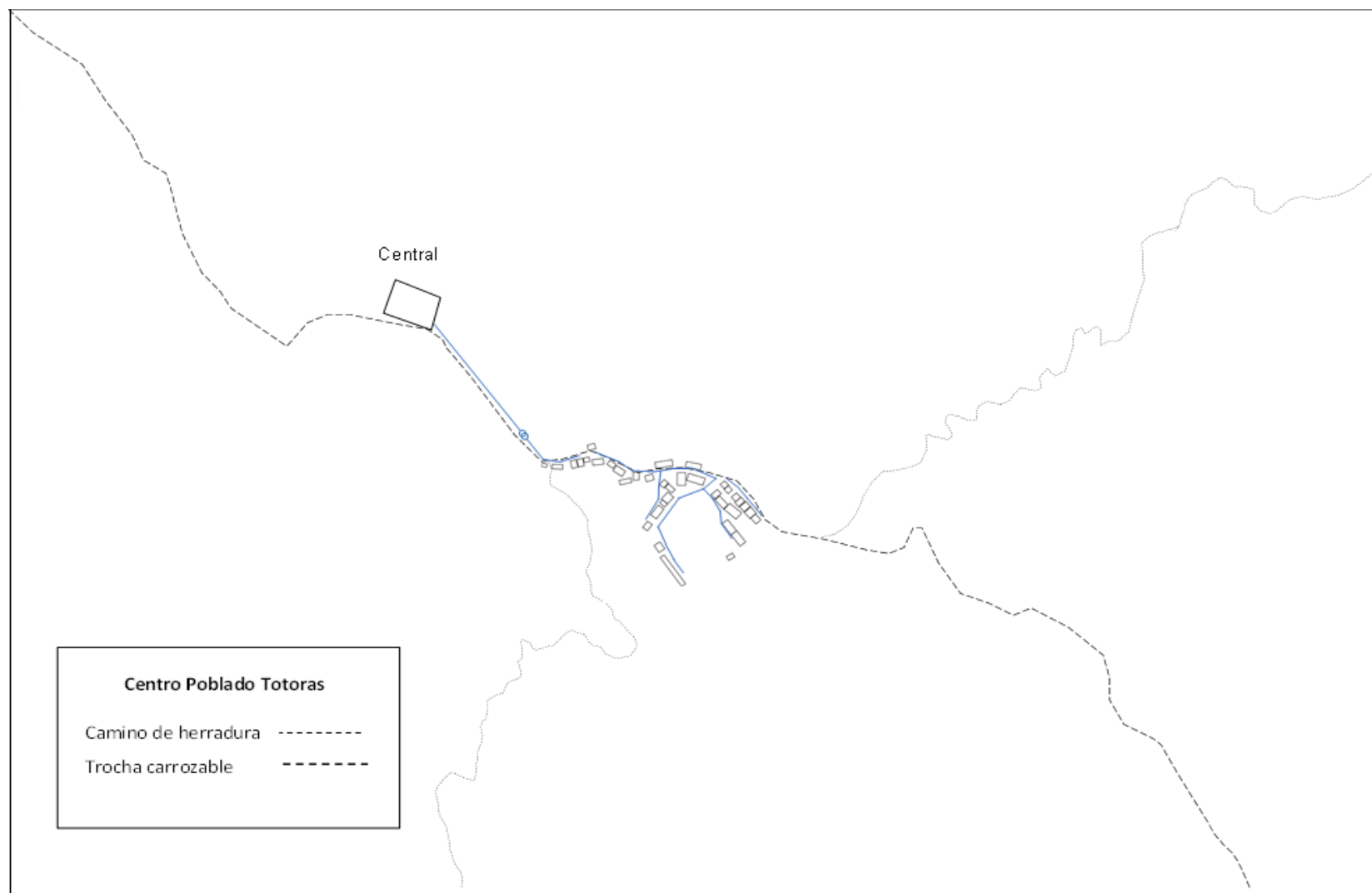
**Anexo 10.** Conexión de las baterías.



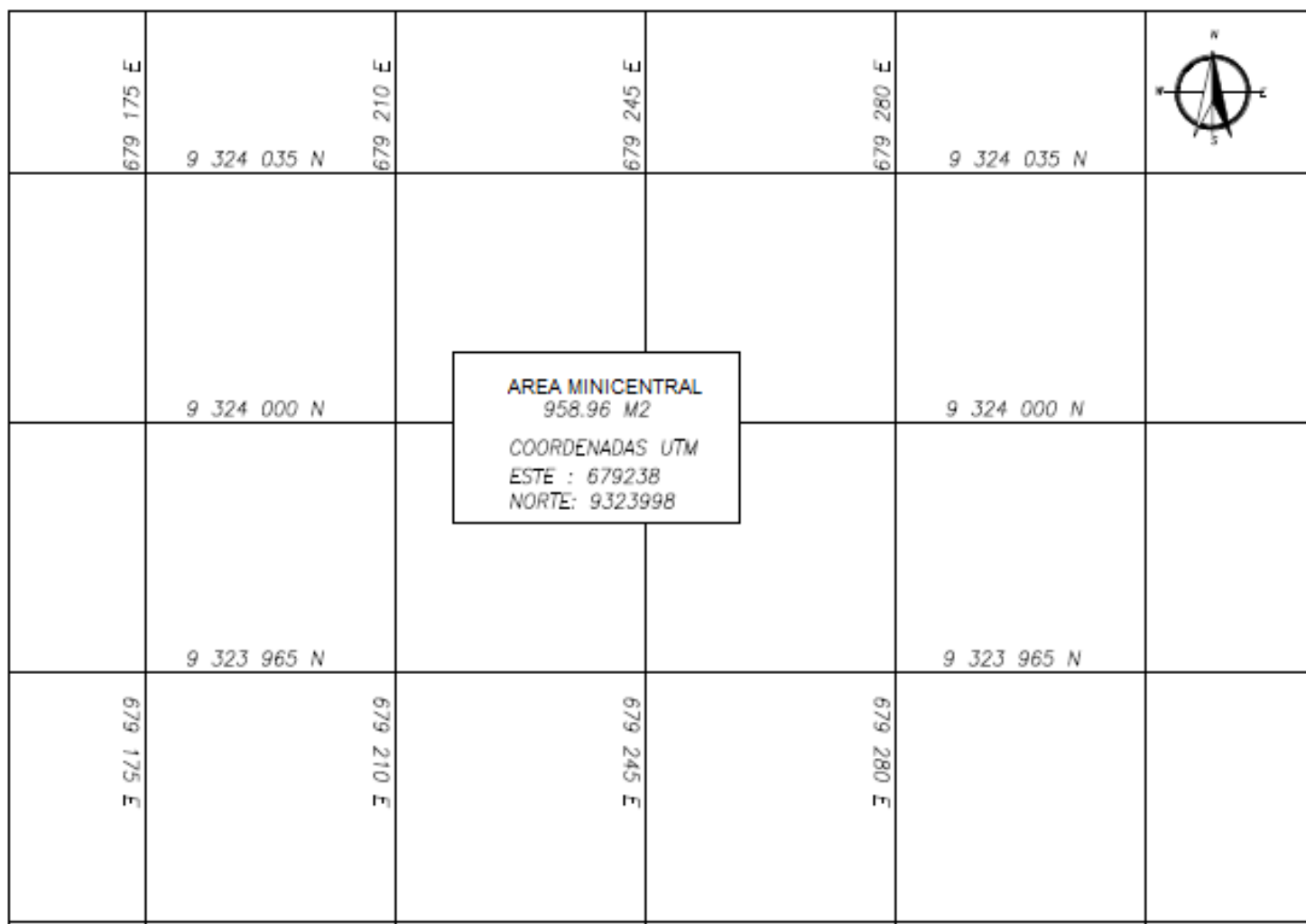
Anexo 11. Diagrama unifilar.




**Anexo 12.** Mapa del centro poblado y de la central,



**Anexo 13.** Coordenadas de ubicación,



## Anexo 14. Cotización de equipo piranómetro.



**ECOCIENCIA**  
ECOLOGÍA Y CIENCIA S.R.L.

Proyectos e Instrumentación para  
Procesos Industriales y Medio Ambiente

Av. Mical Oscar R. Benavides N° 1593  
Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01  
Telfs.: 336-8431 / 336-8291 / 657-6262  
ecociencia@ecociencia.com.pe / www.ecociencia.com.pe

**Empresa :**  
SERVIGUER SAC  
RUC: 20481397287

**Atención :**  
Alex Alberto Vazquez Aguilar  
telf : 915 147 070


**Proforma N° 22-00360**

<b>Fecha :</b>	18/05/2022
<b>Referencia :</b>	PIRANOMETRO SMP10
<b>Válido hasta :</b>	17/06/2022
<b>Forma de Pago :</b>	100% Adelantado
<b>Precios en :</b>	DOLARES USA

Sírvase enviar su Orden de Compra al Correo : [pedidos@ecociencia.com.pe](mailto:pedidos@ecociencia.com.pe)

Cant.	Catálogo	Descripción	Entrega	P. Unitario	P. por Item
1	SMP10...	<p>PIRANOMETRO =====</p> <p>MARCA: KIPP&amp;ZONEN MODELO: SMP10 PYRANOMETER</p> <p>El SMP10 es un piranómetro estándar secundario que combina la tecnología de detección del CMP 11, la interfaz inteligente del SMP11 y el mantenimiento reducido del CMP10.</p> <p>El SMP10 dispone de un cartucho de secado interno que durará un mínimo de 10 años, siempre que no se abra la carcasa. Esta característica reduce considerablemente el mantenimiento.</p> <p>Además, la instalación de una unidad de ventilación CVF4 en el SMP10 permite aumentar el intervalo de limpieza de la cúpula y maximizar la calidad de las mediciones.</p> <p>El SMP10 ofrece una interfaz Modbus®, una salida analógica amplificada, un tiempo de respuesta mejorado y mediciones con corrección de la temperatura. El amplio rango de alimentación de bajo consumo (de 5 a 30 V CC) facilita su integración en estaciones meteorológicas y de energía solar. El SMP10 está protegido contra sobretensiones, inversiones de polaridad y cortocircuitos.</p> <p>Todos los SMP10 ofrecen una sensibilidad y unas conexiones idénticas, lo que facilita el intercambio de instrumentos para su recalibración.</p> <p>Especificaciones</p> <p>Rango espectral (total)285 a 2800 nm Tiempo de respuesta (63%)&lt; 0.7 s Tiempo de respuesta (95%)&lt; 2 s</p>	70 DIAS	9,884.00	9,884.00
<p><b>Asesor :</b> Johnner Toledo (telef 932 607 080)</p> <p><b>Lugar de Entrega :</b> ALMACENES LIMA</p>			<b>Total US\$</b>		

Se adjunta Términos de Venta o revisarlos en nuestro Portal Web :  
<http://ecociencia.com.pe/terminos-y-condiciones/terminos-y-condiciones-de-venta/>



**ECOCIENCIA**  
ECOLOGÍA Y CIENCIA S.R.L.

Proyectos e Instrumentación para  
Procesos Industriales y Medio Ambiente

Av. Mical Oscar R. Benavides N° 1593  
Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01  
Telfs.: 336-8431 / 336-8291 / 657-6262  
ecociencia@ecociencia.com.pe / www.ecociencia.com.pe

**Empresa :**  
SERVIGUER SAC  
RUC: 20481397287

**Atención :**  
Alex Alberto Vazquez Aguilar  
telf : 915 147 070

**Proforma N° 22-00360**

<b>Fecha :</b>	18/05/2022
<b>Referencia :</b>	PIRANOMETRO SMP10
<b>Válido hasta :</b>	17/06/2022
<b>Forma de Pago :</b>	100% Adelantado
<b>Precios en :</b>	DOLARES USA

Sírvase enviar su Orden de Compra al Correo : [pedidos@ecociencia.com.pe](mailto:pedidos@ecociencia.com.pe)

Cant.	Catálogo	Descripción	Entrega	P. Unitario	P. por Item
		IGV		18.00%	1,779.12
<p><b>Asesor :</b> Johnner Toledo (telef 932 607 080)</p> <p><b>Lugar de Entrega :</b> ALMACENES LIMA</p>			<b>Total US\$ 11,663.12</b>		

Se adjunta Términos de Venta o revisarlos en nuestro Portal Web :  
<http://ecociencia.com.pe/terminos-y-condiciones/terminos-y-condiciones-de-venta/>

## Anexo 15. Ficha técnica de panel solar Polycristalino,



**ERA**  
SOLAR

# ESPMC

Polycrystalline Solar Module

### KEY FEATURES

- 5 Busbar Solar Cell:**  
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Power Output:**  
 Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.
- Low-light Performance:**  
 Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- Reliable Warranty:**  
 10 years' product warranty.  
 Power warranty of 90% up to 10 years and 80% up to 25 years.

**+** WATTS  
POSITIVE  
TOLERANCE

**12** YEARS  
PRODUCT  
WARRANTY

**10** YEARS  
PERFORMANCE  
GUARANTEE 90%

**25** YEARS  
PERFORMANCE  
GUARANTEE 80%

### POLYCRYSTALLINE, 72-CELL SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE

Module type: ESPMC	340
Maximum Power(Wp)	340W
Open circuit Voltage(Voc)	46.4V
Short circuit Current(Isc)	9.45A
Maximum Power Voltage(Vm)	30.5V
Maximum Power Current(Imp)	8.54A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0~+3%
Number of Diode	3
Standard Test Conditions	1000W/M <sup>2</sup> , 25° C, AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.0655%/°C
Temperature-Coefficient Voc	-0.29506%/°C
Temperature-Coefficient Pmp	-0.35001%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C...+85°C
Load Capacity for the cover of the module (glass)	5400Pa(IEC61215/snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa(IEC61215/wind)
Product Certificate	TUV/IEC 61215, IEC 61730, CE, ROHS, PID Resistant, INMETRO
Company Certificate	ISO9001, ISO14001, ISO18001

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Backsheet (color)	TPT In white
Cell (quantity / material / dimensions)	72 / Polycrystalline silicon / 156.75x156.75mm
Frame (material / color)	aluminum hollow-chamber frame on each side anodized aluminum alloy / silver
Junction box (protection degree)	IP65
Cables & Plug connectors	2x900mm / 4mm <sup>2</sup> & MC4 compatible
Module Dimensions (L / W / H)	1956x992x40mm
Module Weight	20.9kg
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C

PACKING

Container Size	Units/Pallet (PCS)	Weight/Pallet (KG)	Pallet Measurement (mm)	Units/Container (PCS)
20GP	26	570	2000x1130x1120	260
	26	570	2000x1130x1120	627
40HQ	31	676	2000x1130x1340	

CURRENT-VOLTAGE CURVES:



Module characteristics at constant module temperatures (25°C) and different levels of irradiance.



Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1,000 W/m<sup>2</sup>).


MODULE DIMENSIONS:






## Anexo 16. Ficha técnica de soporte falcat,

Ficha técnica:  
AD Solution





---

### Accesorios

144 células							
Cantidad/ paneles	Patas delanteras	Patas traseras ajustables	Tral	Abrazadera intermedia	Abrazadera final		
2 paneles	2	2	2	2	4		
3 paneles	3	3	2	4	4		
72 células							
Cantidad/ paneles	Patas delanteras	Patas traseras ajustables	Tral	Kit de dispositivos de sellado	Abrazadera intermedia	Abrazadera final	
2 paneles	2	2	4	2	2	4	
3 paneles	3	3	6	4	4	4	

### Especificaciones

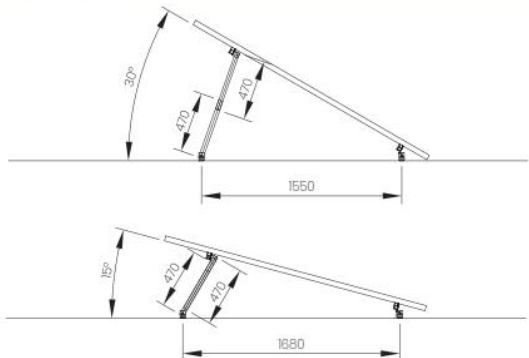
**Materiales:** aluminio anodizado 6005 T5  
Acero inoxidable 304

**Velocidad del viento:** hasta 45 m/s


**Carga de nieve:** hasta 50 cm

---

### Desglose y medidas



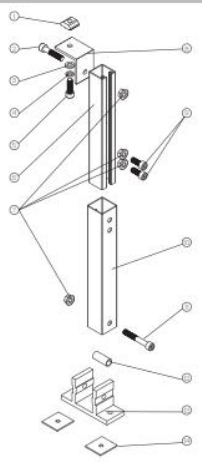
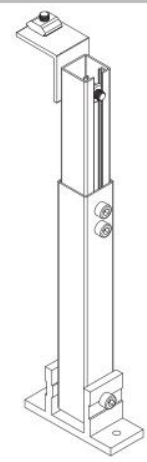
Ficha técnica:  
AD Solution



---

### Desglose y medidas

Patas traseras ajustables

---

Patas frontales

