



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Evaluación de un sistema de nanogrid para el suministro de energía eléctrica en la población de la comunidad campesina San Francisco de la Buena Esperanza en la ciudad de Paita

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Zapata Agurto, Carlos Enrique (orcid.org/0000-0002-3083-006X)

ASESOR:

Dr. Mirez Tarrillo, Jorge Luis (orcid.org/0000-0002-5614-5853)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO–PERÚ

2023

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a Dios y a la Virgen,
A mis padres que gracias a sus esfuerzos he podido avanzar en mi vida,
A mi esposa e hijas que han sido el motor y motivo para lograr este sueño,
A mis abuelos paternos en el cielo, y abuelos maternos que siempre
creyeron en mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios, que ilumina mi camino y me da fortaleza para nunca darme por vencido, a pesar de todos los obstáculos y barreras que hubo en mi vida.

A la mujer y amor de mi vida, que siempre apoyo mis locuras, Merly sé que no me equivoque al escogerte para compartir mi vida. A mis hijas Meritxell y Meyling, mis dos grandes bendiciones en mi vida que me acompañaron durante esta aventura y que estoy seguro aprenderán a luchar como sus padres para lograr sus sueños. Ustedes son los motores que han impulsado mi vida, mi hermosa familia.

A mis Padres Enrique y Silvia, que siempre han sido un ejemplo de lucha incansable y me enseñaron a nunca darme por vencido y cumplir mis sueños por más difíciles que sean.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| CARÁTULA..... | I |
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO..... | III |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | IV |
| ÍNDICE DE TABLAS | V |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | VI |
| RESUMEN | VII |
| ABSTRACT..... | VIII |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 16 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 16 |
| 3.2. Variables y Operacionalización | 16 |
| 3.3. Población, muestra y muestro | 16 |
| 3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos | 17 |
| 3.5. Procedimientos..... | 17 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 18 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 18 |
| IV. RESULTADOS..... | 20 |
| V. DISCUSIÓN..... | 37 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 39 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 40 |
| REFERENCIAS..... | 41 |
| ANEXOS | 44 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Coeficiente de rugosidad según Hellmann | 12 |
| Tabla 2 Técnicas e instrumentos | 17 |
| Tabla 3 Datos Comunidad campesina San Francisco de la Buena Esperanza - Paíta | 20 |
| Tabla 4 Parámetros promedio de radiación en la zona de investigación | 21 |
| Tabla 5 Datos técnicos de los paneles fotovoltaicos más comerciales | 23 |
| Tabla 6 Datos técnicos de generadores eólicos..... | 27 |
| Tabla 7 Consumo de energía en una vivienda de la comunidad. | 30 |
| Tabla 8 Consumo de energía en las viviendas..... | 31 |
| Tabla 9 Distribución del tipo de Energía Eléctrica en Sistema Nanogrid | 33 |
| Tabla 10 Evaluación de la configuración del Sistema Nanogrid | 34 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Efecto Fotoeléctrico | 7 |
| Figura 2 Curva intensidad – tensión de una celda solar típica | 8 |
| Figura 3 Esquemas de una Microgrid | 18 |
| Figura 4 Mapa de ubicación de la comunidad en estudio..... | 21 |
| Figura 5 Valores promedios de irradiancia durante meses del año | 22 |
| Figura 6 Histograma producción de energía fotovoltaica durante el día. | 22 |
| Figura 7 Curva de corriente – voltaje | 24 |
| Figura 8 Potencia diaria generada por panel solar comercial..... | 25 |
| Figura 9 Registro de la Velocidad del viento de los últimos 20 años | 26 |
| Figura 10 Comportamiento del potencial eólico en el día | 27 |
| Figura 11 Curva de potencia del generador Nair 30..... | 28 |
| Figura 12 Potencia generada por el generador eólico..... | 29 |
| Figura 13 Energía Solar - Eólica disponible en el día..... | 32 |
| Figura 14 Comparación sistema de Generación 01- turbina Nair 3032..... | 35 |
| Figura 15 Comparación sistema de Generación 01- turbina Windspot 1.535 | 35 |
| Figura 16 Comparación sistema de Generación 01- turbina ZONHAN | 36 |
| Figura 17 Comparativo Sistemas de Generación vs Costos..... | 36 |

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es evaluar un sistema de generación nanogrid para el suministro de energía eléctrica de la población de la comunidad san francisco de la buena esperanza en la ciudad de Paita.

Se propone el tipo de investigación aplicada, en relación con los conocimientos propios de la formación académica en la ingeniería mecánica eléctrica, sobre diferentes teorías de comportamiento de los fluidos y la energía; junto con la aplicación de métodos y técnicas que precedieron al estudio.

Como primer paso se debe determinar la demanda energética. Para el desarrollo de esta tesis, se ha escogido realizar encuestas a veinte usuarios de estas viviendas, con el interés de implementar el uso de fuentes renovables, como medio de abastecimiento energético para cada vivienda ubicada en la comunidad campesina san francisco de la buena esperanza, perteneciente al distrito de Paita.

El consumo de energía eléctrica de la comunidad, se determinó mediante el levantamiento de información respecto a las cargas y tiempo de funcionamiento en cada vivienda, considerando un consumo diario de una vivienda de 2.09 kWh/día; y por consiguiente un consumo total de 46.41 kW para las veinte viviendas que integran la comunidad campesina e la ciudad de Paita.

Palabras clave: Nanogrid, generación eléctrica, suministro de energía.

ABSTRACT

The main objective of this work is to evaluate a nanogrid generation system for the supply of electrical energy to the population of the San Francisco de la Buena Esperanza community in the city of Paita.

The type of applied research is proposed, in relation to the knowledge of academic training in electrical mechanical engineering, on different theories of fluid and energy behavior; along with the application of methods and techniques that preceded the study.

As a first step, the energy demand must be determined. For the development of this thesis, it has been chosen to conduct surveys of twenty users of these homes, with the interest of implementing the use of renewable sources, as a means of energy supply for each home located in the rural community of San Francisco de la Buena Esperanza, belonging to the district of Paita.

The community's electrical energy consumption was determined by collecting information regarding the loads and operating time in each home, considering a daily consumption of a home of 2.09 kWh/day; and consequently a total consumption of 46.41 kW for the twenty homes that make up the peasant community in the city of Paita.

Keywords: Nanogrid, Electricity generation, Energy supply.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, más del 80 % de la producción mundial de energía eléctrica se genera a partir de combustibles fósiles, siendo sus principales clientes usuarios de zonas urbanas con una proyección poblacional del 65 % para el año 2050. (Belnar & Baptista, 2023)

Europa tiene estratégicamente planeado que la producción de energía eléctrica al 2050, no afecte directamente al clima, considerando para ello la participación activa de los usuarios de manera independiente o en comunidades en la generación de energía para su consumo autosuficiente. (Aziz & Shafi, 2023)

Desde el 2022, los costos para producir energía eléctrica a nivel mundial han sufrido fluctuaciones, debido a la inestabilidad del precio del combustible fósil, la coyuntura bélica y la pandemia, generando que los sectores productivos que dependen indirectamente de la energía, se afecten económicamente como, por ejemplo, los fertilizantes que se utilizan en la agricultura. Se prevé que también se altere la producción de energía en el mundo. Ante ello el Banco mundial, ha tomado medidas en el sector energético, para contrarrestar esta incertidumbre financiando proyectos que ayuden a resguardar los empleos y proteger la economía de los más pobres. (Banco Mundial, 2021). Por otro lado, en una nota de prensa, el directorio ejecutivo del Banco Mundial, financiará inversiones en el Perú relacionados con proyectos para la población que no goce con el servicio de electricidad y que sea generado mediante un suministro más ecológico, con el propósito de que estas iniciativas también impulsarían a recuperar la economía del país. (Banco Mundial, 2021)

La pandemia del COVID-19 llegó al Perú el 15 de marzo del 2020 con la declaratoria del estado de emergencia y el aislamiento social obligatorio, este acontecimiento originó que la economía se paralice en sectores como transporte, comercio, construcción, manufactura, alojamiento y restaurantes entre los más afectados por las medidas impuestas por el gobierno del país. Es en este escenario de restricciones de los sectores económicos es que el sector de energía sufrió una caída considerable en la demanda del consumo energético debido al cierre de las operaciones

de los mismos. Las principales plantas generadoras de energía eléctrica en el Perú son producidas de fuentes termoeléctricas, hidroeléctricas, eólicas y solar. Los informes internacionales realizados para el análisis muestran que la producción de energía eléctrica, en Perú registró una reducción del 32 %, ante ello se optó por utilizar la energía hidráulica (90 % de participación), puesto que es la energía más económica de producir dejando de utilizar principalmente la generación por las plantas termoeléctricas. Sin embargo, conforme la demanda se valla normalizando, En el informe sostiene que surgiría un incremento del costo de la energía, esto debido a factores como la devaluación monetaria, caída de precios internacionales y sobre todo los contratos que se dejaron de cumplir con las empresas generadoras de energía (termoeléctrica) a pesar de no estar operando debido a la pandemia. (Organización Latinoamericana de Energía, 2020)

Uno de los problemas que en el Perú aún no se ha solucionado, es respecto a la falta de regulación para la microgeneración distribuida, que consiste en usuarios que generan energía eléctrica en sus propias instalaciones o cerca de ellos, luego esta energía se conecta a la red y sirve para satisfacer el autoconsumo o vender una porción de ella a la red, con una capacidad menor a 200 kW. En nuestro país, se podría aprovechar dado que se cuenta con disponibilidad del recurso eólico y sobre la capacidad de implementar sistemas fotovoltaicos debido a la irradiación solar en la costa peruana, a ello se suma la reducción de los costos que esta tecnología viene presentando. (Schmerler, Velarde, Rodríguez, & Solís, 2019)

Los sistemas de generación de electricidad proveniente de energías limpias, son impulsados por países desarrollados donde se invierten aproximadamente 131 miles de millones. Destacan los sistemas híbridos de generación de energía puesto que aprovechan al máximo el recurso energético según la disponibilidad del mismo, manteniendo en consumo según la demanda, a pesar que solo represente el 7 % de la generación total de energía. Para evaluar este tipo de proyectos ya es necesario contar con herramientas computacionales que simulen las condiciones

ambientales y escenarios económicos para encontrar el mejor performance del sistema. (Forero Núñez, Valencia, & Sierra Vargas, 2015)

Las recientes investigaciones para producir energía verde son estudiadas en base a la tecnología de microgrid y nanogrid con la finalidad de disminuir los costos para producir energía y la contaminación, aumentar la calidad y la confiabilidad del sistema bajo una operación tanto en forma autónoma para autoconsumo o conectada a la red eléctrica de manera híbrida, teniendo como objetivo principal la planificación y gestión energética del sistema (Ahmadi, Mehdi, & Shahab, 2022)

En ese contexto, en el Departamento de Piura – Perú se encuentra la Población de la Comunidad Campesina San Francisco de la Buena Esperanza en la Ciudad de Paita, quienes actualmente cuentan con veinte asociados en viviendas, los mismos que no cuentan con el servicio electricidad por parte de la empresa suministradora de energía de la zona, y que para satisfacer la demanda, comparten un solo suministro que luego es distribuido por una red provisional entre las vivienda de la asociación, presentando los problemas tales como: control del consumo real por cada asociado, falta de mantenimiento del sistema, cortes imprevistos, problemas de caída de tensión, entre los principales y más urgentes. Así mismo, se cuenta con disponibilidad en la asociación de un terreno de 200 m² donde se podría aprovechar para captar energía solar por la radiación de la zona, y la energía eólica debido al potencial.

Por lo expuesto anteriormente, en la presente investigación se plantea el siguiente problema a solucionar: ¿Es factible evaluar un sistema de generación Nanogrid para el suministro de energía eléctrica de la Población de la Comunidad Campesina San Francisco de la Buena Esperanza en la Ciudad de Paita?

Ante la coyuntura económica que atraviesa el país por la pandemia del COVID-19, es importante realizar estudios en proyectos que impulsen la inversión pública - privada y, por ende, genere el dinamismo económico que se necesita para recuperar la economía del país. A esto sumarle que

organismos como el banco mundial apoyan este tipo de proyectos que utilicen energías limpias en comunidades de escasos recursos.

Debido a que Paita se encuentra en una zona donde se puede aprovechar el potencial eólico y solar, la investigación evalúa un sistema Nanogrid que pueda utilizar ambos recursos durante el día según la máxima disponibilidad, por otro lado, evaluar el aspecto técnico para la implementación en función de los costos operativos y de capital/inversión.

Las herramientas computacionales para realizar el análisis mediante la simulación de sistemas de generación Nanogrid, se encuentran en muchas investigaciones a nivel mundial, y permiten tener información para la toma de decisiones sobre la inversión en un proyecto como el que se plantea. Para ello se requiere los parámetros de entrada como radiación, áreas, variables operativas y asumir parámetros sobre el tipo de tecnología de los sistemas y costos.

Con el objetivo de responder a la problemática suscitada en la asociación.

Objetivo general:

Evaluar un sistema de generación Nanogrid para el suministro de energía eléctrica de la Población de la Comunidad Campesina San Francisco de la Buena Esperanza en la Ciudad de Paita.

Objetivos específicos:

- Determinar la demanda eléctrica de la asociación.
- Determinar los parámetros del recurso energético de la zona.
- Configurar los componentes y dimensionamiento del sistema híbrido.
- Evaluación técnica - económica del sistema propuesto.

La hipótesis:

Es factible evaluar un sistema de generación Nanogrid para el suministro de energía eléctrica de la Población de la Comunidad Campesina San Francisco de la Buena Esperanza en la Ciudad de Paita.

II. MARCO TEÓRICO

Para argumentar sobre la solución al problema de la presente investigación, se ha tomado como referencia a algunos autores, quienes argumentan.

En el artículo presentado por (Canziani, Vargas, Castilla, & Miret, 2021) analizan información sobre la operación de una microred híbrida instalada para una caleta de pescadores en la región Ica del Perú, luego mediante el software homer, utilizan los datos para optimizar el diseño del sistema, en función de la confiabilidad operativa, los costos relacionados con los componentes del sistema, llegando a estimar el costo de la energía de 0.35 USD / kWh, el sistema tiene una inversión de 2687 USD por kW de potencia instalada. Del mismo modo recomienda investigar sobre las variaciones de los parámetros del sistema en la producción de energía.

Servan Sócola, (Serván Sócola, 2014) en su tesis para optar el Título profesional realiza un “Análisis técnico-económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red” para ello determina la demanda de energía de la población mediante una encuesta sobre los equipos e iluminación y el tiempo de uso, luego dimensiona los elementos del sistema y los costos de la inversión, por último desarrolla un análisis económico de la propuesta con los flujos de caja por reducción de la facturación de energía y la posibilidad de compra/venta de energía. En sus conclusiones manifiesta que un sistema híbrido ofrece un 14.07 % en el sistema eólico y el 18.91 % por el sistema fotovoltaico de aprovechamiento del recurso respectivamente y que el costo de la generación de energía es de 0.361 USD/kWh.

Asprilla (Asprilla Mosquera, 2016) En su tesis, para obtener el grado de Magister, denominado: “Estudio de Sistemas Híbridos De Energía Renovable (solar- gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en Zonas no Interconectadas” analiza un sistema híbrido que consiste en un sistema fotovoltaico, gasificador de biomasa, generador de combustión interna y banco de

baterías conectadas en inversores, para llegar a determinar mediante la experimentación, que el sistema Solar – Biomasa presenta mejores resultados puesto que, la cascarilla de arroz que es abundante en la región, se obtiene el poder calorífico de 3 Mj/Nm³ y el potencial de la radiación solar generó entre 14 y 29 kWh entre los tres meses que duró el experimento.

Rinaldi, en su artículo científico, (Rinaldi, Moghaddampoor, Behzad, & Marchesi, 2021) denominado “Análisis de viabilidad económica y optimización de sistemas híbridos de energía renovable para electrificación rural en Perú”, tomando la demanda de las comunidades de Campo serio, El potrero y Silicucho, a partir de ello evalúa un sistema híbrido (solar, eólico y Diesel) tomando los datos meteorológicos de las zonas, los resultados muestran que el costo de producir energía asciende a 0.478 USD/kWh en la mejor configuración del mismo.

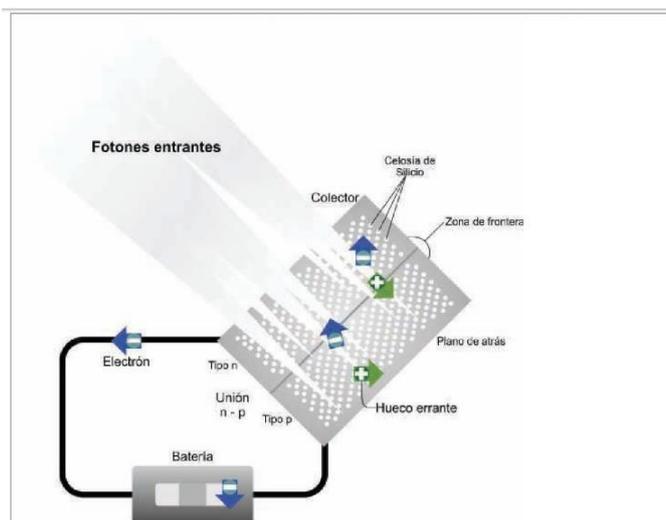
Sistema de generación de energía eléctrica a partir de fuente Fotovoltaica (PV)

es aquel que se encuentra dimensionado adecuadamente para atender una demanda energética para ello se requiere configurar y seleccionar cada uno de los equipos que intervienen en el sistema como los paneles fotovoltaicos, que captan la energía solar y la transforma en energía eléctrica, un sistema de control para trasladar la energía eléctrica desde los paneles hacia los acumuladores o para poder transformar esta energía que generalmente viene en tensión continua a una tensión alterna adecuada para el consumo en una vivienda.

El efecto fotoeléctrico, se refiere a la conversión de la energía de la radiación solar en una corriente continua de electrones. Las celdas solares son dispositivos diseñados para convertir directamente la luz solar en corriente eléctrica utilizando este efecto. La radiación solar que llega a la Tierra y proporciona un valor de irradiancia promedio 1.353 W/m², lo que es suficiente para muchas aplicaciones y no produce contaminación ni residuos. En las celdas solares, los fotones de la luz solar son absorbidos, generando pares de electrones y huecos en la

unión p-n de la celda. Estos portadores se dirigen hacia los contactos exteriores, generalmente de metal, produciendo una corriente fotovoltaica que puede ser utilizada en un circuito eléctrico externo (Casa Villaseca & Barrio López, 2018).

Figura 2 Efecto Fotoeléctrico



Modelado de sistemas fotovoltaicos, Un módulo o panel solar fotovoltaico consiste en múltiples celdas o células fotovoltaicas hechas de silicio (Si), unidas en configuraciones de unión p-n, y recubiertas con un vidrio antirreflectante en su parte exterior. Mediante la caracterización del tipo de panel, nos permite comprender en detalle cómo se genera la corriente eléctrica a partir de la radiación solar, siguiendo una ecuación específica.

$$I = I_S - I_0 \left[e^{\frac{q(V - R_S I)}{k_B T}} - 1 \right] \quad (1)$$

Donde:

I_S = corriente de cortocircuito

I_0 = corriente inversa máxima

$q = 1,60 \times 10^{-19}$ coulombios (carga del electrón)

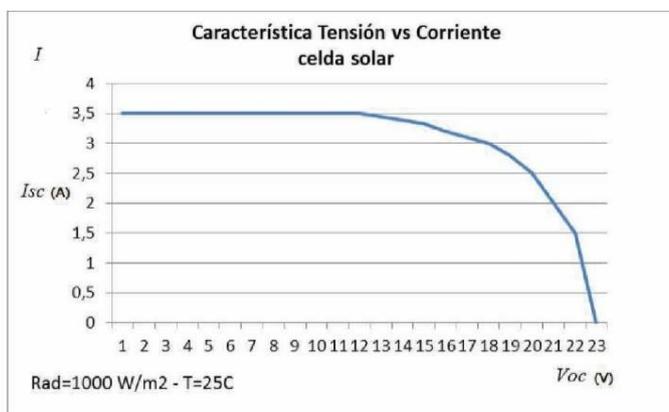
V = Tensión de bornes de la celda

R_S = resistencia interna de la celda

$K_B = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K es la constante de Boltzmann

T = temperatura absoluta de la celda

Figura 3 Curva intensidad – tensión de una celda solar típica



El modelado de un sistema fotovoltaico, permite caracterizar el comportamiento del elemento y sus variables. En la figura 2, el valor inicial de tensión $v=0$, donde la curva corta el eje vertical, se representa la intensidad de la corriente de cortocircuito (I_{SC}). Por otro lado, el corte con el eje horizontal permite identificar el valor de la tensión de circuito abierto (V_{OC}), que se representa por medio de la ecuación:

$$V_O = \frac{k_B T}{q} \ln \left(\frac{I_S}{I_0} + 1 \right) \quad (2)$$

Se aprecia la relación de la temperatura con la intensidad y la tensión mediante las ecuaciones mostradas, y según los fabricantes estos parámetros son obtenidos de las fichas técnicas de los paneles, indicando el tipo de material y su performance de acuerdo a la radiación solar sometida.

Cálculo de módulos solares fotovoltaicos

$$N = \frac{\text{energía requerida}}{\text{energía producida}} = \left[\frac{E_T}{P_{nom} HEP} \right] \quad (3)$$

Dónde:

N = Número teórico de paneles solares

E_T = Energía total requerida por el sistema (W)

P_{nom} = Potencia nominal del módulo que se va a utilizar (W).

HEP = Horas disponibles de radiación solar.

Número teórico de las horas equivalentes del sistema

Son las horas disponibles de radiación solar que el sistema recibe en un día de operación.

$$HEP = \frac{\text{índice de radiación solar (w/m}^2\text{)}}{1000 \left(\frac{w}{m^2}\right)} = [h/día] \quad (4)$$

Se calcula al dividir: índice de radiación solar para el lugar donde se ubica la propuesta del sistema por la constante determinada en las pruebas por los fabricantes de los paneles.

Potencia generada en el panel solar

El cálculo de la potencia generada por el panel depende de parámetros de operación del mismo y relacionados con la información del fabricante y de la radiación de la zona donde se instalen los paneles solares, la ecuación 5 recoge esta información.

$$P_{pv} = P_{stc} \frac{G_{ING}}{G_{STC}} [1 + k(T_c - T_r)] \quad (5)$$

donde:

P_{PV} es la potencia que desarrolla el panel fotovoltaico

P_{STC} conocida como potencia nominal y se desarrolla en el panel fotovoltaico cuando es sometido a condiciones de prueba.

G_{ING} la irradiancia solar instantánea.

G_{STC} el valor de irradiancia otorgado por el fabricante en condiciones de prueba

K el coeficiente de temperatura para el silicio

T_R , temperatura a la que es sometido la célula del panel

T_C temperatura que desarrolla la célula en las pruebas del fabricante.

Capacidad del banco de baterías

La capacidad de almacenaje de cada batería se determina, dividiendo la energía requerida entre la tensión de la batería, considerando el rendimiento de carga y descarga (Casa Villaseca & Barrio López, 2018).

Ecuación 6, Capacidad de almacenaje del banco de baterías.

$$C = \frac{\text{energía requerida}}{\text{Tensión de la batería}} = \left[\frac{\text{Total Ah / día} \times N}{0.9 \times PDD} \right] \quad (6)$$

Dónde:

C = Capacidad de almacenaje del banco de baterías (Ah)

N = Cantidad de días en autonomía por el sistema

0.9 = Factor que proviene del rendimiento de las baterías en el ciclo de carga y descarga (90 %)

PPD = Profundidad de descarga diaria permitida en el banco de baterías.

Capacidad Nominal del banco de baterías

Para determinar la capacidad nominal del banco de baterías, se aplica la ecuación 7, que relaciona la energía que requiere el sistema, con la tensión de trabajo de la batería, considerando la máxima profundidad de descarga de la batería.

$$C_n(Wh) = E_T \cdot N / P_d \cdot C_n(Ah) = C_n(Wh) / V_{BAT} \quad (7)$$

Dónde:

C_n = Capacidad del banco de baterías (Wh o Ah)

E_T = Energía que requiere el sistema

P_d = Máxima profundidad de descarga de la batería

V_{BAT} = Tensión de trabajo de la batería (tensión nominal).

Selector del Inversor

En teoría, el inversor debe soportar la corriente alterna que suministra al sistema. la relación anterior debe establecer para la potencia y tensión correspondientes.

$$I_{AC} = \frac{W_{AC}}{V_{sist}} \quad (8)$$

Sistema de generación de energía eléctrica a partir de fuente eólica mediante la energía cinética del viento es captada en los alabes de una turbina eólica; esta energía que distribuye por medio del eje a un generador eléctrico y luego mediante un sistema de control es distribuida hacia los acumuladores de energía ya a la instalación eléctrica de las viviendas. En esta fase es importante determinar las condiciones ambientales y geográficas, la tecnología que se debe utilizar, y los componentes del sistema eólico (Domínguez Gómez, 2008)

Teoría unidimensional de aeroturbinas. Límite de Betz.

Betz propone un modelo simplificado de una aeroturbina en el 1926. Este modelamiento admite el cálculo de la potencia y la fuerza de empuje que ejerce el viento directamente en el rotor de la turbina, utilizando un modelo unidimensional muy simplificado.

Cálculo de la potencia del aerogenerador

$$P = \frac{\rho A v^3}{2} \tag{9}$$

Donde:

P = Potencia mecánica que desarrolla el aerogenerador en el eje W;

ρ = Densidad del aire presente en la zona de estudio

A = Área de barrido; correspondiente al diámetro de las hélices, en m²

V = Velocidad que desarrolla el viento en la zona m/s

El límite de Betz describe el Coeficiente de potencia (Cp) de un aerogenerador como la proporción de la potencia presente en el viento incidente y que es aprovechada efectivamente por el aerogenerador. Este coeficiente constituye una medida que evalúa la eficacia de la turbina. (Villarrubio López, 2013)

Se incluye el Cp en la ecuación 9, quedando la ecuación 10.

$$P_{tub} = Cp * \frac{\rho A v^3}{2} \tag{10}$$

P_{tub} = potencia de la turbina;

Cp = coeficiente de potencia

La potencia mecánica requerida

La potencia que ejerce el generador tiene que ser similar a la potencia que requiere el sistema, considerando la eficiencia de la turbina del alternador y el tiempo en el cual el sistema se encuentra con la velocidad del viento disponible en el día.

$$P_e = \frac{E_e}{T_e \varepsilon_1 \varepsilon_2} \quad (11)$$

P_e = Potencia del aerogenerador

E_e = energía que requiere el sistema

T_e = tiempo en el cual la velocidad se aproxima a la de diseño;

ε_1 = eficiencia mecánica de turbina eólica

ε_2 = eficiencia en el alternador del aerogenerador.

Coeficiente de rugosidad

Factor sobresaliente, ya que se puede utilizar para cuantificar el suceso morfológico de la demarcación que circula el aerogenerador con relación a la velocidad del viento.

Tabla 1 Coeficiente de rugosidad según Hellmann

| Tipo de terreno | Valor del Exponente |
|---|------------------------|
| Espacios llanos solo presenta hierba o hielo | $\alpha = 0,08 - 0,12$ |
| Espacios llanos que pertenecen a la costa o mar | $\alpha = 0,14$ |
| Superficie poco accidentada | $\alpha = 0,13 - 0,16$ |
| Espacios rústicos | $\alpha = 0,2$ |
| Superficies accidentadas / con presencia de bosques | $\alpha = 0,2 - 0,26$ |
| Superficies muy desiguales o en ciudades | $\alpha = 0,25 - 0,4$ |

Fuente: Fernández (2002)

Sistema híbrido para la generación de energía eléctrica

Es un sistema que opera con dos o más tipos de fuentes para generar energía eléctrica partiendo del potencial de fuentes renovables, las

cuales pueden estar trabajando en paralelo o dependiendo del aprovechamiento que se le pueda dar a cada una de ellas durante el día. La intención de tener un sistema híbrido es mantener el suministro de energía eléctrica al consumidor de manera que pueda satisfacer sus necesidades teniendo en cuenta el mejor aprovechamiento de los recursos y manteniendo una ventaja económica frente al suministro tradicional. Usualmente un sistema híbrido aprovecha la energía renovable que se encuentran disponible en el lugar donde se encuentra el consumidor, otra característica este tipo de sistemas es que pueden suministrar energía en una configuración de sistema “híbrido “autónomo”, que por su naturaleza es un sistema que se encuentra desconectado de la red pública y esto se debe a que los usuarios se encuentran lejos de esta red y realizar una conexión a ésta, involucraría un costo elevado en la inversión del proyecto. Por otro lado, un sistema “híbrido conectado a la red” puede operar de manera paralela a la red, donde las cargas principales estarían suministradas con energía de la red y las cargas menores al sistema de generación captada por el sistema híbrido. En ambos casos este tipo de proyectos tienen un tiempo de vida en promedio de 20 años. (Jamjachi Rojas, 2021).

Sistemas de generación de energía Nanogrid. En su esencia, las nanogrid (NG) constituyen sistemas avanzados de gestión energética que incorporan tecnologías de punta, con el propósito de proporcionar soluciones eficientes y personalizadas tanto en la producción como en el consumo de energía. En un contexto en el que la demanda energética experimenta un crecimiento constante y las inquietudes medioambientales se agudizan, las nanogrid se perfilan como una respuesta sumamente promisoría para hacer frente a los desafíos actuales en la generación y distribución de energía.

Otro aspecto clave de las nanogrid es su capacidad para integrar fuentes de energía renovable de manera efectiva. La nanotecnología permite la fabricación de dispositivos de captura de energía altamente eficientes que pueden aprovechar fuentes renovables, como la energía solar y eólica, de manera más efectiva que las tecnologías convencionales. Esto

contribuye significativamente a la transición y emigrar a un sistema energético sin contaminación y más sostenible permitiendo la reducción de la dependencia a los combustibles fósiles. (Chattopadhyay, 2022).

Los softwares computacionales para la evaluación de sistemas híbridos (como Helioscope, Project SunRoof y PVWatts), permiten al investigador hacer un análisis y/o evaluación del dimensionamiento de los sistemas híbridos a partir de variables económicas, técnicas y medioambientales. La ventaja de este software es que también se pueden generar distintas configuraciones de sus elementos y evaluar cada una de ellas para encontrar la mejor configuración a partir de los perfiles preestablecidos.

La configuración que se realiza en el software va desde la elección del lugar donde se instalará el proyecto para determinar las condiciones medioambientales que toman como referencia las proyecciones de la Data Access Viewer de la NASA (Ortega, 2023); el perfil del usuario que puede ser residencial, comercial, industrial o si es una comunidad, para ello establece sus respectivos consumos según el tipo de usuario; luego se configuran los tipos de sistemas, como el Sistema fotovoltaico (PV), Generador Diésel, generador gas, Generador eólico entre otros. Posteriormente se puede iterar los tipos de combinaciones que puede adquirir el sistema híbrido, teniendo en cuenta los sistemas, tipo de instalaciones, sistema de control, acumuladores. Con estos datos lo que continúa es analizar las configuraciones del sistema híbrido e ingresar algunas variables de sensibilidad para tener una proyección de las condiciones desfavorables del sistema. El paso final consiste en interpretar los datos técnicos obtenidos en la simulación y realizar la evaluación económica que también se puede realizar en el software (Carrillo Gómez, Coronado Mendoza, & González Gabriel, 2019).

Consideraciones para la simulación de un sistema (PV).

Además de los datos geográficos y meteorológicos que se requiere conocer en función del lugar donde se realiza el proyecto, también podemos definir los cálculos para determinar la corriente eléctrica generada, que estará relacionada con la tensión generada en los bornes

de la celda, resistencia interna de la celda, temperatura absoluta de la celda entre las más representativas, algunos parámetros tienen relación al tipo de celda a utilizar, como por ejemplo carga de electrón, constante de Boltzmann, con respecto al simulador, en su configuración se pueden seleccionar parámetros para la sensibilidad de los datos de entrada en cuestión de variación en porcentajes, usualmente se presentan variaciones de hasta 10 % en sus valores. (Fonthal Rico & López Castrillón, 2019).

Mantenimiento en los sistemas fotovoltaicos, (PV).

Este tipo de sistemas usualmente tienen un programa de mantenimiento no muy riguroso debido a que los equipos del sistema son muy confiables en su funcionamiento, principalmente se le aplica tareas de mantenimiento preventivo que consiste en una inspección visual de los elementos que están sometidos bajo las inclemencias meteorológicas (polvo, lluvia) y para las instalaciones eléctricas el mantenimiento correctivo usualmente consiste en sustituir algunos elementos que debido al tiempo de vida suelen presentar averías. Por otro lado, los costos relacionados al mantenimiento también se consideran de bajo impacto en este tipo de proyectos (Casa Villaseca & Barrio López, 2017)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Se propone un tipo de investigación aplicada, en relación con los conocimientos propios de la formación académica en la Ingeniería mecánica eléctricas, sobre diferentes teorías de comportamiento de los fluidos y la energía; junto con la aplicación de métodos y técnicas que precedieron al estudio. El diseño de investigación es no experimental debido a que se proyecta un diseño y simulación del funcionamiento de una nanogrid, sin intervenir o alterar las variables investigadas. (Campbell y Stanley, 1966).

3.2. Variables y Operacionalización

Variable Independiente:

Dimensionamiento del Sistema Nanogrid

Variable Dependiente:

Demanda de energía en la comunidad.

3.3. Población, muestra y muestro

Consumo de energía de la comunidad

Criterios de inclusión:

No aplica, puesto que se consideran datos preestablecidos por los fabricantes.

Criterios de exclusión:

La muestra es no probabilística intencionada por el autor, debido a la disponibilidad de la información sobre el potencial energético.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Se aplican las siguientes técnicas y su correspondiente instrumento:

Tabla 2 Técnicas e instrumentos

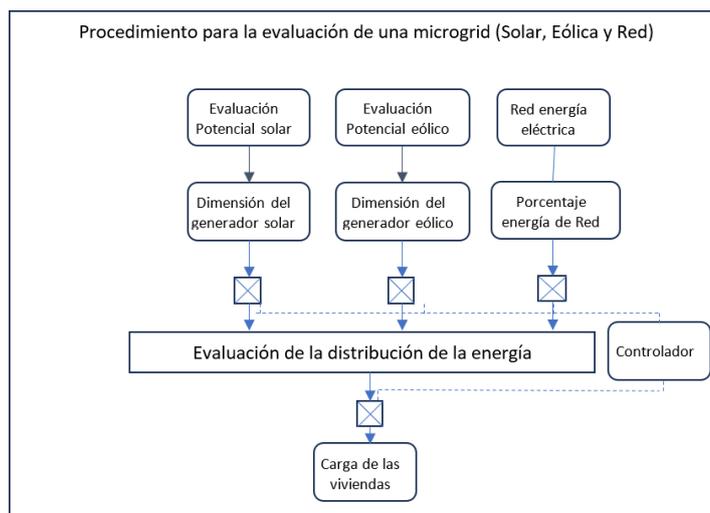
| TÉCNICAS | Instrumento | Validez |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Observación | Ficha de observación | Por asesor especialista |
| Entrevista | Ficha de Entrevista | Por asesor especialista |
| Análisis Documental | Ficha de Registro de datos | Por asesor especialista |
| Resultados operacionales | Cálculos de formulaciones | Por asesor especialista |

3.5. Procedimientos

Obteniendo el potencial solar y eólico en función de los reportes de la nasa, se determina los niveles del potencial aprovechables por cada una de las tecnologías existentes; luego se analizan el desempeño de las tecnologías. Según las características de prueba de los fabricantes considerando los parámetros energéticos contenidos en la radiación solar y el potencial eólico.

Finalmente se establecen la configuración de cada 1 de los paneles y turbinas que servirán como fuente de energía producirán energía eléctrica en el sistema y a través de la evaluación de distribución de la energía se podrá conectar alternamente a la red con ello se busca mantener un suministro continuo de energía eléctrica a las viviendas en el gráfico siguiente se encuentra un esquema del sistema.

Figura 4 Esquemas de una Microgrid



3.6. Método de análisis de datos

En la presente investigación se recolectará información respecto a las cargas de las viviendas de la comunidad campesina mediante una encuesta los datos considerados en los resultados de la misma servirán para analizar el consumo de cada una de las viviendas del mismo modo mediante los datos obtenidos en el portal web de la NASA (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>), se obtendrán la información para determinar las condiciones ambientales en función de la irradiancia y la velocidad del viento de la zona en estudio, posteriormente se presentarán los resultados utilizando tablas de doble entrada, gráficas de barras, de dispersión y. finalmente haciendo un análisis comparativo con las investigaciones previas se terminarán la discusión de resultados.

3.7. Aspectos éticos

En el contexto de este estudio de investigación, se ha recopilado información minuciosa y debidamente documentada por el autor, garantizando la ausencia de cualquier forma de plagio. Además, es importante señalar que la información presentada cuenta con la

autorización de la comunidad, condicionada a su utilización exclusiva con fines académicos e investigativos.

En respeto irrestricto con los artículos establecidos en la Resolución de Consejo Universitario N° 0089-2019/UCV en el código ético de la Universidad Cesar Vallejo, la investigación que se presenta busca el cumplimiento de los principios y normas establecidos.

IV. RESULTADOS

Determinación de Radiación solar en la Comunidad campesina San Francisco de la Buena Esperanza - Paita

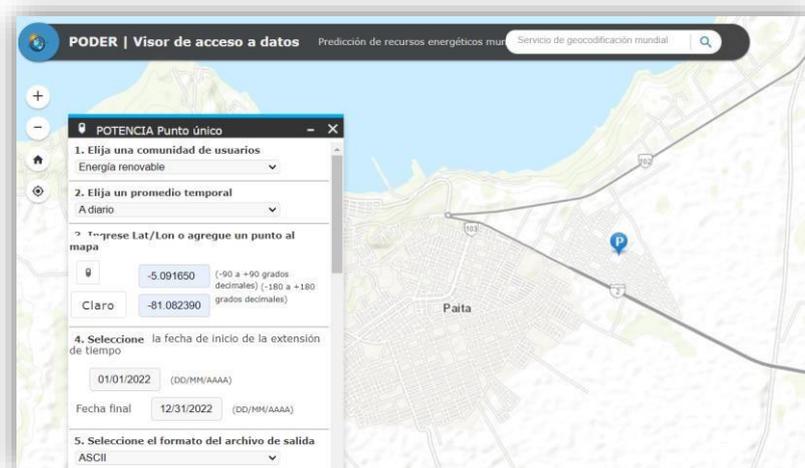
Los valores de radiación solar por metro cuadrado que recibe la localidad de la Comunidad Campesina San Francisco de la Buena Esperanza, son monitoreados con las instalaciones meteorológicas y registrados por instituciones como el SENAMI descritos en el Mapa Solar del Perú y por parte de organismos internacionales como la NASA. En la investigación, se muestra información obtenida mediante la página web (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>). En la tabla 3, se consigna las coordenadas de la localidad, para la obtención de informes sobre la radiación anual y valores promedio del potencial energético solar.

Tabla 3 Datos Comunidad campesina San Francisco de la Buena Esperanza – Paita.

| Datos de entrada | Detalle de la localidad |
|--------------------------|--------------------------------|
| Location | unnamed road, Paita, Perú |
| Geographical coordinates | -5.091650°, -81.082390° |
| Time zone | UTC-05, América/Lima [PET] |
| Elevation | 68 m |

Del mismo modo, se presenta un gráfico con la ubicación de la Comunidad campesina San Francisco de la Buena Esperanza en Paita, en donde se proyectaría el sistema híbrido.

Figura 5 Mapa de ubicación de la comunidad en estudio



Los valores correspondientes al potencial energético en función de la energía fotovoltaica se muestran en valores promedios de irradiancia anual y diaria que incide en la zona, en la tabla 4 se muestra los valores promedios (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>) obtenidos del portal web de la NASA.

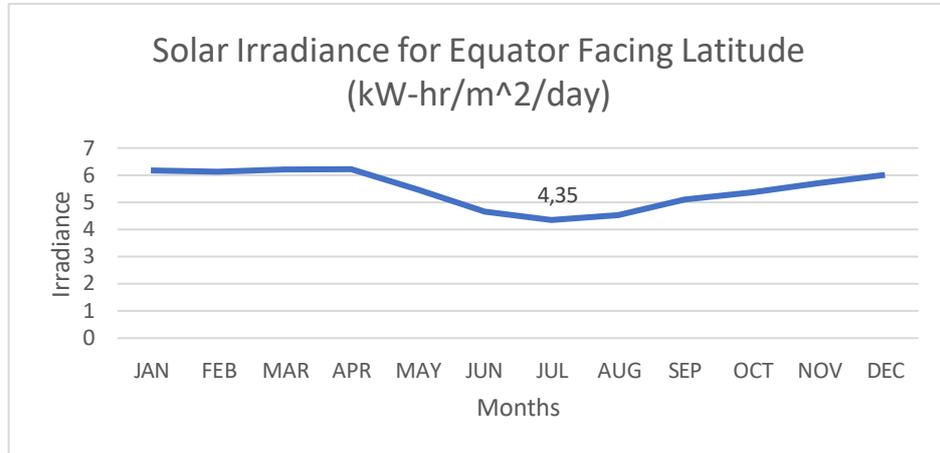
Tabla 4 Parámetros promedio de radiación en la zona de investigación

| Parámetro | Anual | Día |
|--|---------------------------|-------------------------|
| Direct normal irradiation | 1894.5 kWh/m ² | 5.19 kWh/m ² |
| Global horizontal irradiation | 2251.2 kWh/m ² | 4.35 kWh/m ² |
| Diffuse horizontal irradiation | 854.5 kWh/m ² | 2.34 kWh/m ² |
| Global tilted irradiation at optimum angle | 2265.7 kWh/m ² | 6.21 kWh/m ² |
| Air temperature | 21.8°C | - |
| Optimum tilt of PV modules | 7° | - |
| Terrain elevation | 68 m | 68 m |

El mapa de ubicación de la comunidad en estudio por el portal web Power Larc Nasa, toma datos de los últimos veinte años reportando que la irradiancia presenta su menor intensidad en el mes de julio con 4.35 kWh/m² coincidente con la estación de invierno, y un máximo nivel en los

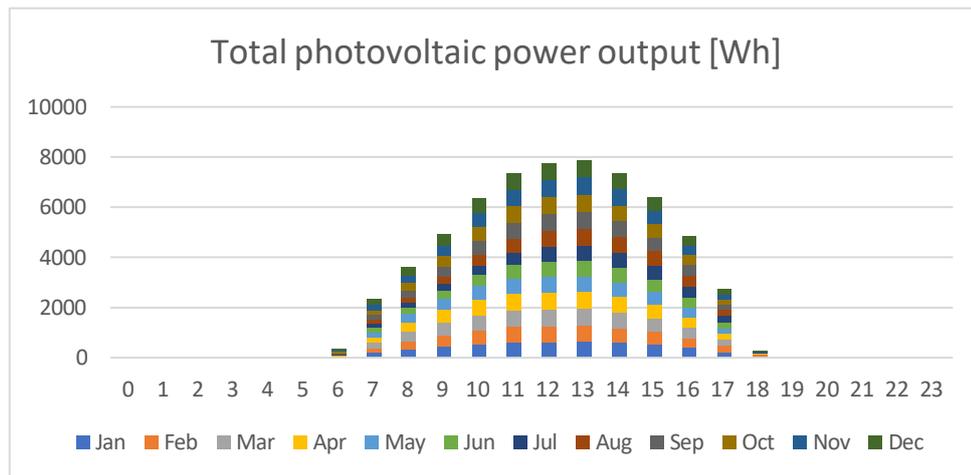
meses de marzo y abril con un 6.21 kWh/m² y 6.22 kWh/m² respectivamente.

Figura 6 Valores promedios de irradiancia durante meses del año



Del mismo modo, se cuenta con el reporte: (Total photovoltaic power output [Wh]) donde muestra la producción de energía fotovoltaica en Wats/hora del día en la figura 5.

Figura 7 Histograma producción de energía fotovoltaica durante el día.



Finalmente, también se tabulan los datos que muestra la potencia solar que se puede aprovechar de manera diaria, siendo las horas de mayor irradiancia entre las 11 y las 14 horas, desarrollando aproximadamente el 67 % de la energía diaria. Con la ecuación 04:

Evaluación de las horas disponibles de radiación solar,

$$HEP = \frac{4350 \text{ (w/m}^2\text{)}}{1000 \text{ w/m}^2} = h/\text{día}$$

$$HEP = 4.35 \text{ h/día}$$

Selección de los paneles fotovoltaicos

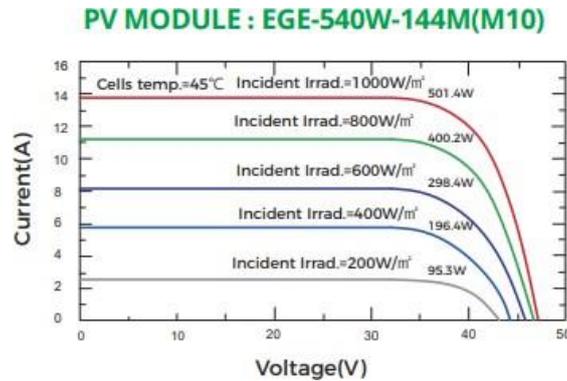
De los dos tipos de paneles fotovoltaicos utilizados en este tipo de proyectos, la diferencia principal los monocristalinos y policristalinos radica en la estructura de los cristales de silicio utilizados en su fabricación. Los monocristalinos presentan una composición de un solo cristal de silicio, lo que les otorga una mayor eficiencia del sistema al convertir la luz solar en energía eléctrica, aunque son más costosos de producir. Por otro lado, los paneles policristalinos están formados por varios cristales de silicio, lo que simplifica el proceso de fabricación y generalmente resulta en paneles más asequibles, aunque con una eficiencia ligeramente menor. La elección entre ambos tipos de paneles depende de factores como el presupuesto y las preferencias del usuario. Se ha seleccionado cuatro paneles solares, dos del tipo monocristalino y dos del tipo policristalino, mostrando en la tabla 5 los datos operativos característicos de esta tecnología,

Tabla 5 Datos técnicos de los paneles fotovoltaicos más comerciales.

| Paneles fotovoltaicos comerciales | Potencia Máx (Wp) | Voltaje del panel (V) | Tensión Máx $V_{mp}(V)$ | Intensidad Máx | Eficiencia | Costo (USD) |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|------------|-------------|
| Monocristalino EGE-540 | 501.4 (550W) | 24 | 40.98 | 13.42 | 21.28 | 351.91 |
| Monocristalino PERC 455 | 413 (455W) | 24 | 39.44 | 8.72 | 20.5 | 212.97 |
| Policristalino P - EcoGreen 350 | 348 (350W) | 24 | 38.93 | 8.99 | 18.04 | 185.39 |
| Policristalino ERA 330 | 316 (330W) | 24 | 37.8 | 8.6 | 17 | 216.01 |

Los valores característicos de la potencia que desarrolla de cada panel se determinan mediante la curva de corriente – voltaje como en la figura 6, para valores característicos de irradiancia de 1000 W/m² Según cada fabricante.

Figura 8 Curva de corriente – voltaje



Se puede apreciar la curva que representa el comportamiento del panel Monocristalino EGE-540 según los parámetros ofrecidos por el fabricante.

Cálculo de la potencia generada por el panel solar.

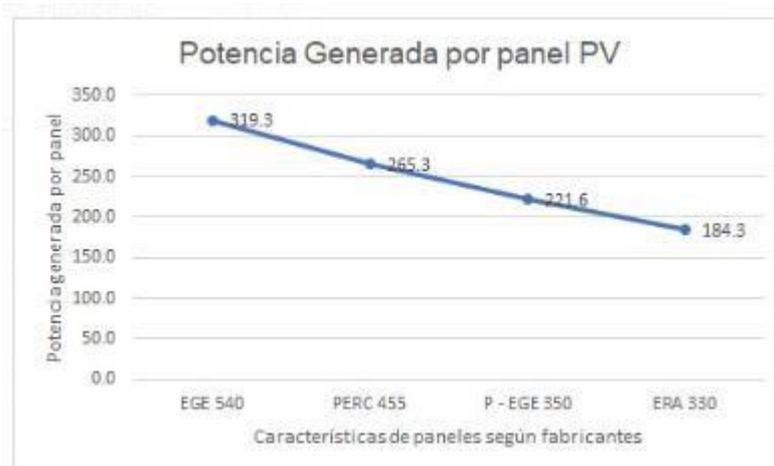
La potencia que genera cada panel solar tiene relación con los parámetros de radiación de la zona y las características propias del fabricante. Utilizando los datos descritos en la tabla 5 con los parámetros promedio de irradiancia solar instantánea, la tabla de datos técnicos para los valores de la potencia nominal del panel (W_p), la temperatura de prueba y las curvas características de los paneles fotovoltaicos descritos anteriormente y se calcula por intermedio de la ecuación 5.

$$P_{pv} = 501.4w \frac{610}{1000} [1 + 0.00441(45 - 35)]$$

$$P_{pv} = 319.34 Wp$$

Los cálculos elaborados para cada tecnología de panel solar se muestran en la figura 7 considerando las características de los fabricantes.

Figura 9 Potencia diaria generada por panel solar comercial



La potencia generada por los paneles solares, dependen de sus características del fabricante, el modelo EGE 540 desarrolla 319.34 Watts diarios, sin embargo, su costo representa un 39 % más que el modelo PERC 455 que desarrolla 265.26 W/día. Sin embargo, se debe precisar las eficiencias del sistema, para conocer la potencia generada:

Energía producida por cada panel, según la ecuación 05

$$E_{\text{producida por panel}} = \text{Potencia Generada Panel} * \epsilon_{\text{inv}} * \epsilon_{\text{batería}}$$

Para el diseño de una instalación autónoma, se considera una eficiencia del 80 % en el inversor y un 85 % en la batería, (Casa Villaseca & Barrio López, 2018)

$$E_{\text{producida por panel}} = 319.34 \text{ W} * 0.8 * 0.85$$

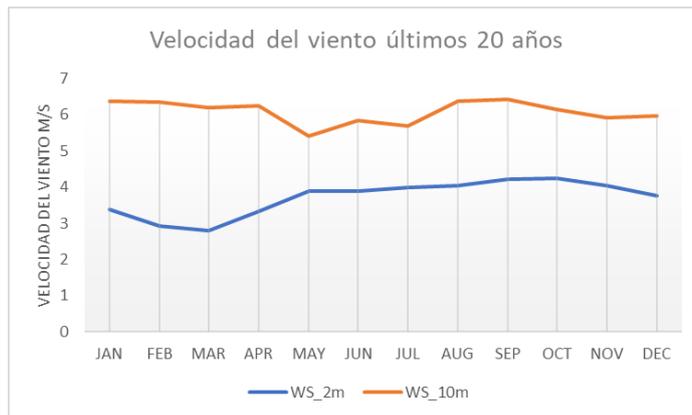
$$E_{\text{producida por panel}} = 217.15 \text{ W}$$

Cálculo de la potencia del generador eólico.

Utilizando los datos de la tabla 3, que corresponden a la comunidad campesina San Francisco de la Buena Esperanza – Paita, se obtuvo información del potencial eólico mediante la página web

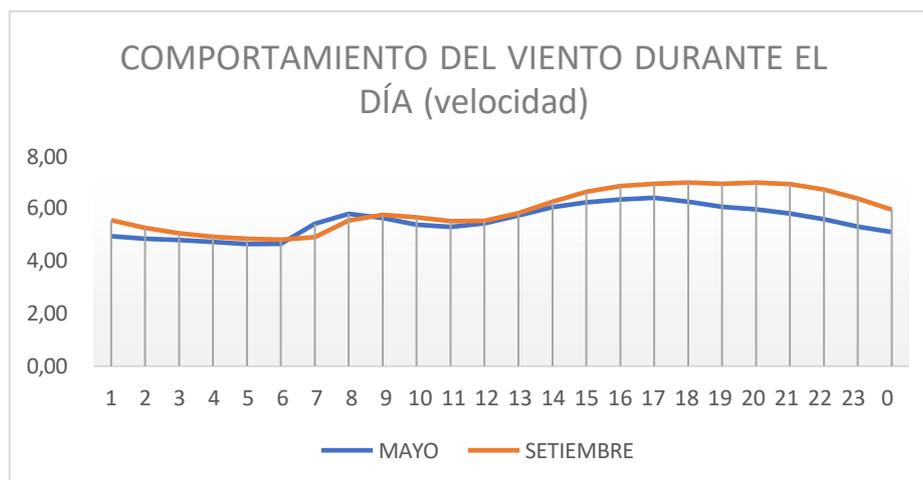
(<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>) donde reporta un registro de los últimos veinte años con valores de la velocidad del viento medidos a una altura de dos metros y diez metros sobre el nivel del mar.

Figura 10 Registro de la Velocidad del viento de los últimos veinte años



Los resultados mostrados en la figura 8 muestran los valores mínimo y máximo de 5.4 m/s y 6.43 m/s para los meses de mayo y septiembre respectivamente, considerando la altura de diez metros respecto de la superficie, sin embargo, a una altura de dos metros los valores son muy inestables y variables. El potencial eólico que se desarrolla en un día promedio, presenta mayor intensidad durante la tarde-noche, la tabulación de los datos mostrada en la figura 9, nos permite evaluar que desde las 15 horas hasta las 22 horas presenta una velocidad del viento similar al promedio para el mes de mayo con menor desarrollo de la potencia eólico y en setiembre donde el potencial eólico es mayor.

Figura 11 Comportamiento del potencial eólico en el día



Selección del generador eólico

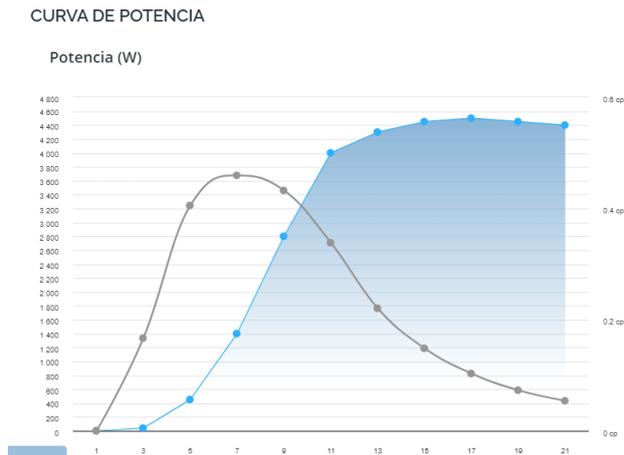
Los fabricantes de generadores eólicos presentan información en las fichas técnicas respecto a las dimensiones y características operativas de sus modelos; en la investigación se estudiaron cuatro modelos de generadores utilizadas en investigaciones y que han sido instaladas en proyectos de generación de energía; las características se describen en la tabla siguiente:

Tabla 6 Datos técnicos de generadores eólicos.

| Características Generadores eólicos | Nair 30 | Windspot 1.5 | ZONHAN ZH2.0 | ZONHAN NE1.0 |
|-------------------------------------|---------|--------------|--------------|--------------|
| Número de álabes | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Potencia Nominal | 3kW | 1.8kW | 1.5kW | 1kW |
| Diámetro | 3.8 | 3.3 | 3.2 | 2.2 |
| Velocidad de trabajo m/s | 4 a 25 | 4.5 a 12 | 3 a 25 | 2.3 a 12 |
| Coefficiente de potencia | 0.41 | 0.42 | 0.38 | 0.31 |
| Costo en USD | 6100.00 | 3300.00 | 2400.00 | 1350.00 |

Cada generador eólico presenta una curva de potencia desarrollada por el fabricante, la misma que muestra el Coeficiente de potencia (C_p) característico, que es un dato importante para realizar los cálculos en el diseño del sistema eólico.

Figura 12 Curva de potencia del generador Nair 30



En la figura 11, se presenta la curva de potencia del generador Nair 30, obtenida de la página web del fabricante donde determina un Cp de 0.41 para las velocidades de viento de 5 a 6 m/s.

Cálculo de la potencia generada por la turbina eólica.

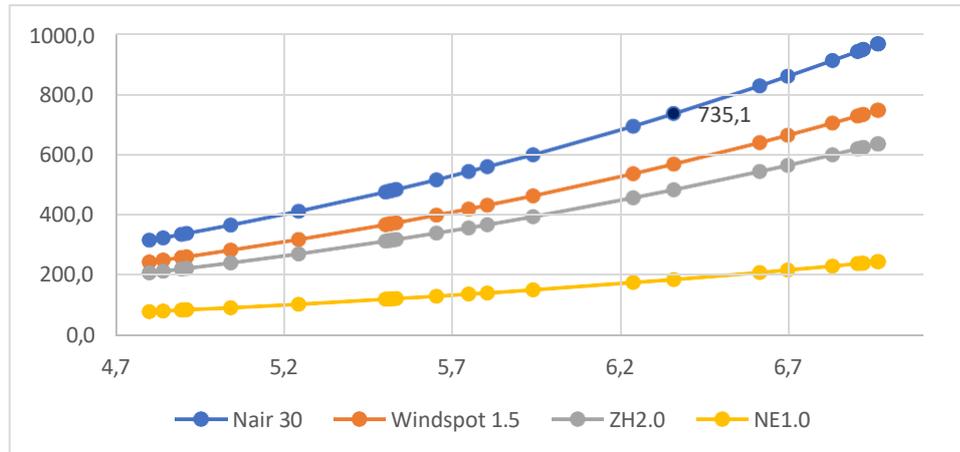
Utilizando la ecuación 10, se calcula la potencia de cada tecnología de la turbina eólica descrita en la tabla 6. se ha evaluado la potencia que desarrolla en Watts con las velocidades mínimas y máximas registradas para la zona estudiada.

Potencia que genera la turbina con la velocidad del viento:

$$P_{generada\ en\ turbina} = (0.41) \left(\frac{1.23 \frac{kg}{m^3} \cdot 11.34m^2 \cdot \left(6.4 \frac{m}{s}\right)^3}{2} \right)$$

$$P_{generada\ en\ la\ turbina} = 735.1\ W$$

Figura 13 Potencia generada por el generador eólico



Potencia diaria que desarrolla la turbina eólica:

Considerando que la potencia de la turbina estará disponible por 07 horas, la eficiencia de mecánica de la turbina ($\epsilon_1=0.8$) y la eficiencia del alternador en la turbina ($\epsilon_2=0.9$)

Energía diaria generada por la turbina calculada mediante ecuación 11:

$$E_{gerada\ diaria} = potencia\ en\ la\ turbina * horas\ de\ viento * \epsilon_1 * \epsilon_2$$

$$E_{gerada\ diaria} = 735.1\ W * 7horas * 0.8 * 0.9$$

$$E_{gerada\ diaria} = 3.7kW$$

El mismo calculo se ha realizado para cada uno de las siguientes tecnologías, y los resultados se muestran en la figura 11, considerando las velocidades del viento desarrolladas en la zona.

Se puede apreciar que el generador eólico Nair 30 es el que genera mayor potencia respecto de los generadores Windspot 1.5 y ZH2.0, tanto en la velocidad del viento mínima o máxima disponible, sin embargo, si comparamos en costos existe una diferencia del 46 % y 61 % mayor con

los generadores Windspot 1.5 y ZH2.0. el generador NE1.0 presenta un desarrollo de menor potencia, incluso por debajo del mínimo de las tecnologías anteriormente mencionadas.

Consumo de la energía en las viviendas de la comunidad.

Con el resultado de las encuestas aplicadas a los pobladores de la comunidad, se procedió a identificar el tipo de cargas y estilos de consumo de la energía eléctrica en las viviendas. Un grupo de pobladores presentan viviendas de un piso y en promedio cuentan con sala, comedor, dos o tres dormitorios, servicios higiénicos y patios en el interior de la vivienda (corrales). Otro tipo de usuarios cuentan con talleres dedicados a la reparación de embarcaciones de pesca y, por último, se cuenta con almacenes y/o cocheras.

En la investigación se tomará en cuenta los pobladores de viviendas por el estilo de carga aplicable a la nanogrid.

Una vivienda en promedio, presenta las siguientes características en función del tipo de cargas descritas en la tabla 7 donde se considera la cantidad de equipos y horas de funcionamiento.

Tabla 7 Consumo de energía en una vivienda de la comunidad.

| Equipos en la vivienda | W | Cantidad de equipos | Max Dem (kW) | Horas Consumo | Total Consumo |
|--------------------------------|------------|----------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Luminarias en sala | 12 | 1 | 0.012 | 5 | 0.06 |
| Luminarias en comedor | 12 | 2 | 0.024 | 3 | 0.072 |
| Luminaria para cocina | 12 | 1 | 0.012 | 3 | 0.036 |
| Luminarias Dormitorios | 7 | 3 | 0.021 | 2 | 0.042 |
| Luminaria servicios higiénicos | 7 | 1 | 0.007 | 2 | 0.014 |
| Equipo de sonido/música | 30 | 1 | 0.03 | 5 | 0.15 |
| Cargador Tablet/Celular | 10 | 2 | 0.02 | 2 | 0.04 |
| TV | 180 | 1 | 0.18 | 6 | 1.08 |
| Otros artefactos menores | 600 | 1 | 0.60 | 1 | 0.6 |
| Total | 870 | 13 | | | 2.09 kW |

Considerando el consumo diario de una vivienda, en promedio, cada una requiere 2.09 kW/día. En cuestión del tipo de cargas, utilizan focos ahorradores y/o led principalmente en las horas de la noche, los equipos con mayor cantidad de uso en horas son los televisores y equipos de sonido, se conectan los cargadores de celular o Tablet y por último presentan cargas de artefactos menores como licuadoras, hervidor pequeño o planchas usadas por algunos minutos al día.

Tabulando los datos de las veinte viviendas, se cuenta con consumo diario de 46.410 kWh/día.

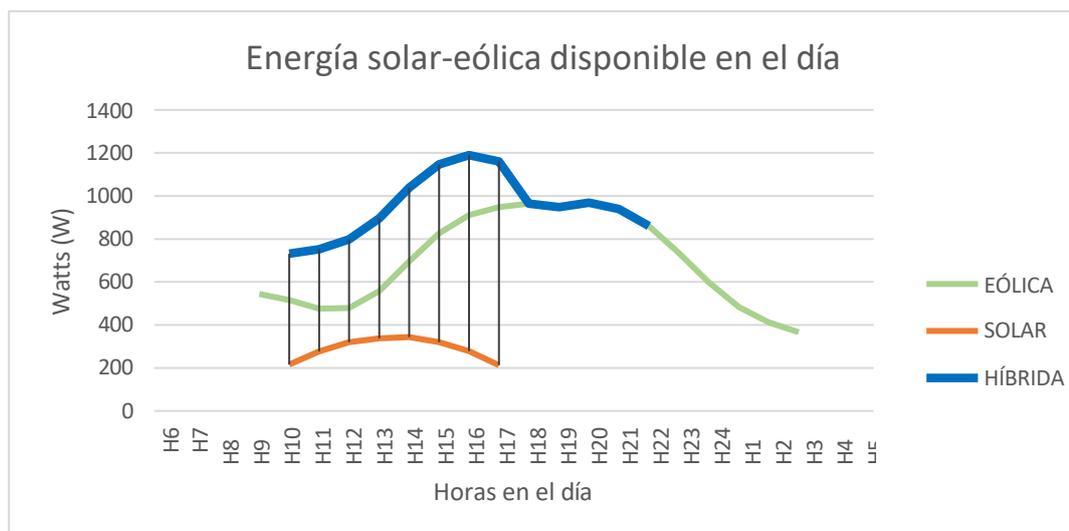
Tabla 8 Consumo de energía en las viviendas

| Equipos en las viviendas | Máx. Demanda (kW) |
|---------------------------------|--------------------------|
| Iluminación | 4.76 |
| Equipo de sonido/música | 3.8 |
| Cargador Tablet/Celular | 0.85 |
| TV y/o PC | 21.7 |
| Otros artefactos menores | 15.3 |
| Total | 46.41 kW |

Configuración de la estación de energía híbrida, para la zona

En la evaluación del potencial solar y el potencial eólico, brindó información sobre las horas en el día donde se obtiene la mayor disponibilidad del recurso energético. Del mismo modo, con los cálculos realizados para determinar la potencia que desarrolla cada tecnología aplicada (solar - eólica) en la investigación, nos proporciona información sobre la energía desarrollada, considerando las características de los fabricantes.

Figura 14 Energía Solar - Eólica disponible en el día



La potencia desarrollada por el panel fotovoltaico durante el día, tiene relación con la ecuación 5 para evaluación del potencial solar y la ecuación 10 para potencial eólico con sus correspondientes resultados, desarrollados anteriormente, dónde se puede evidenciar que desde la 11:00 h en la mañana, hasta las 15:00 h de, es donde desarrolla la mayor captación de energía solar y por ende mayor generación de energía eléctrica (aproximadamente el 67 % de esta energía). Y desde las 15:00h hasta las 22:00h es cuando el potencial eólico presenta un mayor desarrollo; la sumatoria de ambas potencias generadas las podemos identificar en la gráfica con el color azul, la que hemos denominado: energía híbrida, qué es la sumatoria de la energía eólica y la energía solar durante el día.

Esquema de la propuesta del Sistema Nanogrid

La configuración de los componentes de la nanogrid se establece en función de la disponibilidad del recurso energético de la comunidad, las tecnologías a utilizar aplican un ciclo del tipo microrred.

- Energía mediante la Red de distribución
- Energía solar
- Energía Eólica

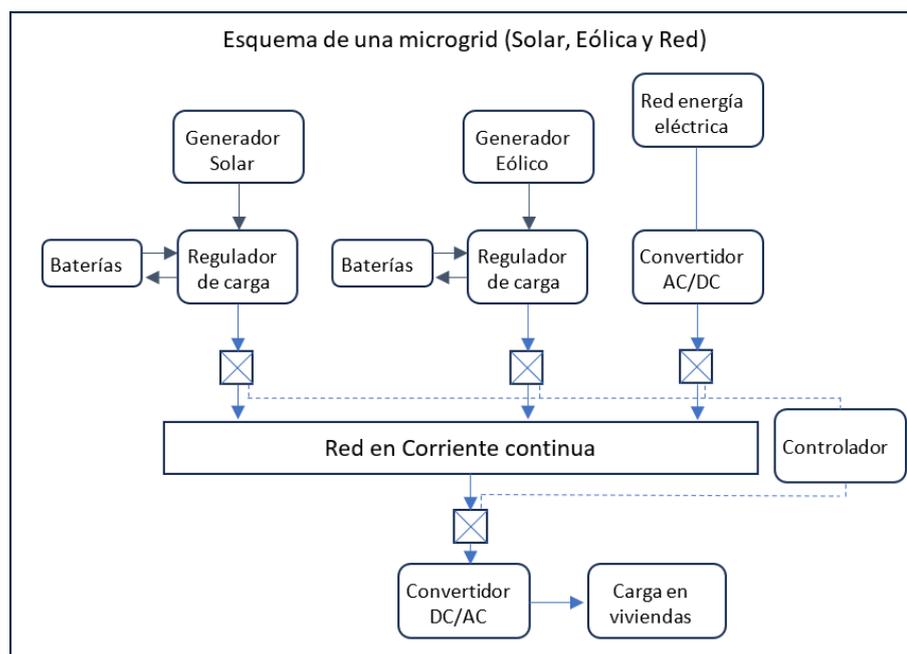


Tabla 9 Distribución del tipo de Energía Eléctrica en Sistema Nanogrid

| Equipos en las viviendas | Máx. Demanda (kW) | Porcentaje |
|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| Energía de la Red de distribución | 31.41 kW | 68 % |
| Energía Eólica | 15 kW | 32 % |
| Energía Solar | | |
| Total | 46.41 kW | 100 % |

Análisis económico de la elección del sistema nanogrid

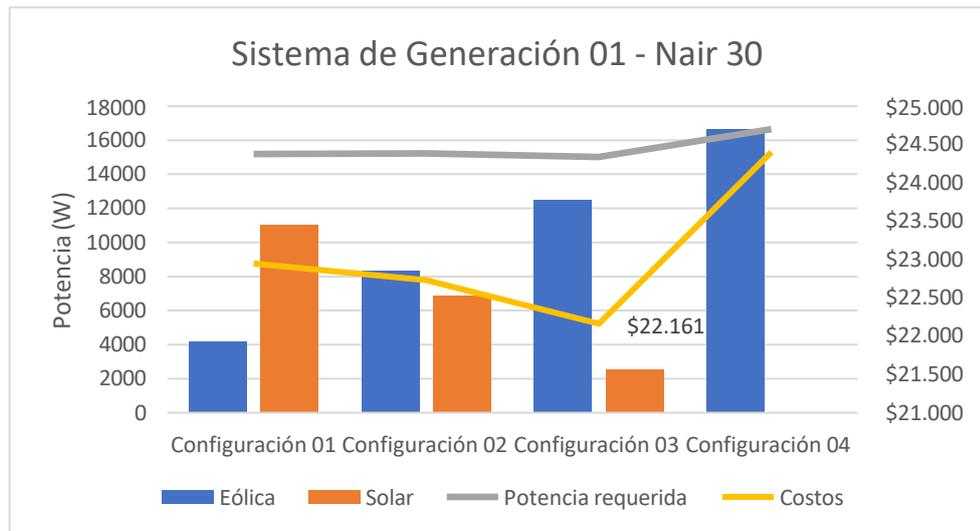
Se determina el aporte de cada una de las tecnologías a utilizar para ello, se han realizado un análisis para cada una de las tecnologías detalladas en la tabla 10:

Tabla 10 Evaluación de la configuración del Sistema Nanogrid

| Equipos en las viviendas | Número de Generadores eólico | Número de paneles solares | Potencia generada | Costo del sistema |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nair 30 | 1 | 48 | 15198.93 | \$22,948 |
| | 2 | 30 | 15222.73 | \$22,730 |
| | 3 | 11 | 15016.60 | \$22,161 |
| | 4 | 0 | 16649.87 | \$24,400 |
| Windspot 1.5 | 1 | 52 | 15171.88 | \$21,552 |
| | 2 | 38 | 15168.62 | \$19,938 |
| | 3 | 24 | 15165.37 | \$18,324 |
| | 4 | 10 | 15162.11 | \$16,710 |
| Zonhan ZH2.0 | 1 | 65 | 15154.52 | \$26,115 |
| | 2 | 65 | 15363.82 | \$29,415 |
| | 3 | 63 | 15113.27 | \$32,013 |
| | 4 | 62 | 15092.65 | \$34,962 |

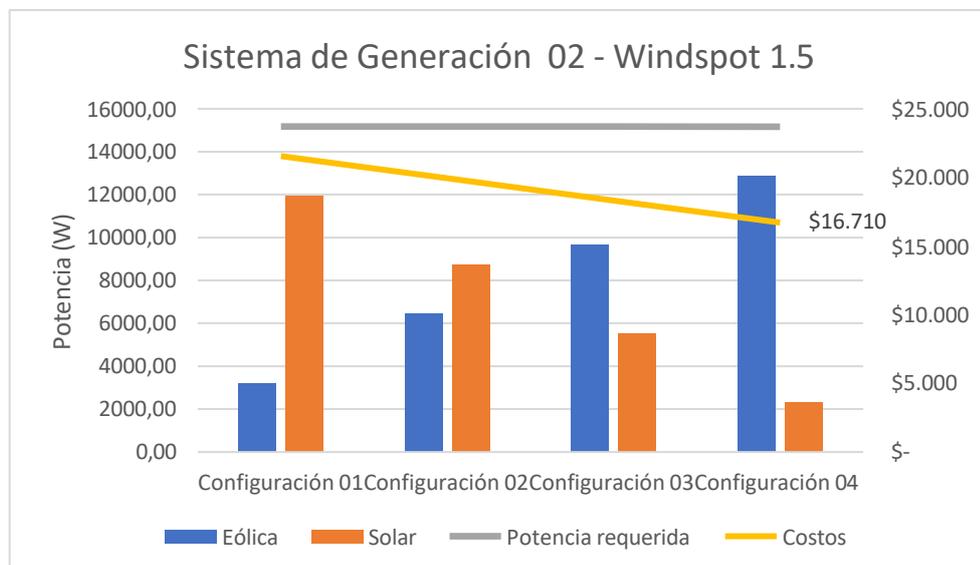
Para presentar el análisis de los datos obtenidos por las tecnologías estudiadas, podemos mostrar las gráficas donde se evidencia tres tipos de generados eólicos Nair 30, Windspot 1.5 y Zonhan ZH2, del mismo modo, se ha utilizado el panel solar EGE 540.

Figura 15 Comparación sistema de Generación 01- turbina Nair 30



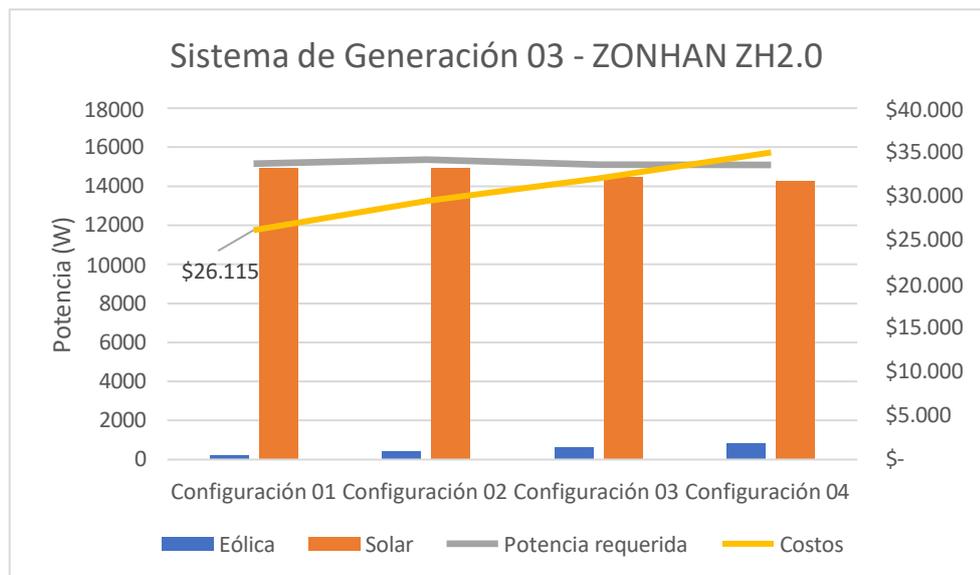
En el sistema de generación 01, la configuración que presenta menor costo es la configuración de 03 turbinas eólicas Nair 30 y 11 paneles, con ello genera 15.01 kW y presenta un costo de USD 22161.00.

Figura 16 Comparación sistema de Generación 01- turbina Windpot 1.5



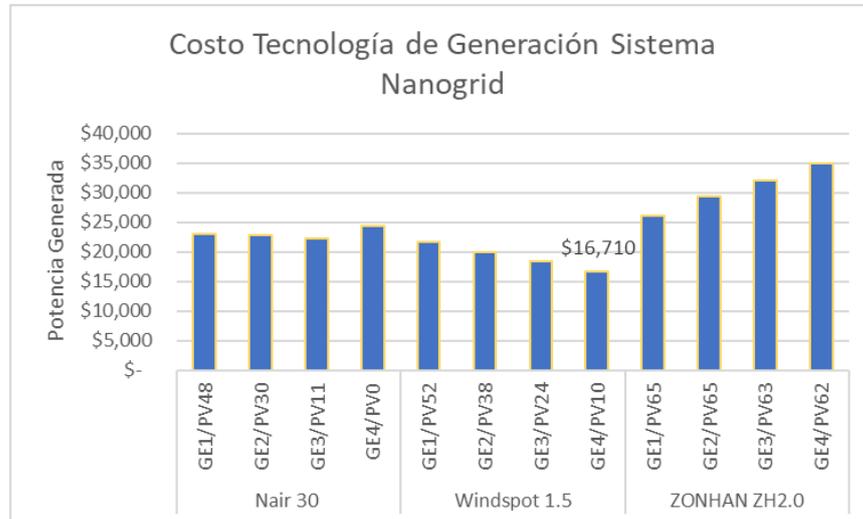
En el sistema de generación 02, la configuración que presenta menor costo es la configuración de 4 turbinas eólicas Windspot 1.5 y 10 paneles, con ello genera 15.16 kW y presenta un costo de USD 16710.00.

Figura 17 Comparación sistema de Generación 01- turbina ZONHAN



En el sistema de generación 03, la configuración que presenta menor costo es la configuración de 01 turbinas eólicas ZONHAN ZH2.0 y 65 paneles, con ello genera 15.16 kW y presenta un costo de USD 26115.00

Figura 18 Comparativo Sistemas de Generación vs Costos



En el comparativo de la configuración de los sistemas de generación mediante energía solar, y energía eólica, podemos verificar que cada sistema presenta sus particularidades. La configuración que menor costo presenta es la correspondiente la conexión de 04 turbinas eólicas en la tecnología Windspot 1.5 y 10 paneles solares, con un costo de USD 16700.00.

V. DISCUSIÓN

Mediante la aplicación de las encuestas a la población, se logró obtener la carga de los artefactos y equipos que utilizan en cada vivienda, las mismas se pueden caracterizar según las cargas en iluminación, equipos de sonido, tablets, celulares, televisores, laptops, entre otros artefactos menores. Así mismo, se contabilizó el tiempo en el que estas cargas se encuentren operativas durante el día. Esta encuesta se aplicó a veinte viviendas del tipo rústicas, algunas semiconstruidas, algunas de un piso y en promedio cuentan con sala, comedor, dos a tres dormitorios, servicios higiénicos y patios en el interior de la vivienda (corrales).

El resultado del levantamiento de información se llegó a revisar que las cargas mayores se dan en los televisores y computadores, mientras que las cargas menores se dan en los cargadores de celulares y tablets; generando una potencia por vivienda de 2.09 kW/día, y multiplicando por las veinte viviendas tenemos una potencia requerida total de 46.41 kW/día. En comparación con la Servan Socola, donde en su investigación el determina mediante una encuesta y un análisis de las cargas en la vivienda y las horas de uso durante toda la semana en promedio calcula una demanda de energía de 9.44 kWh/día (Servan Socola, 2014). Lo que nos permite manifestar que el procedimiento para determinar las cargas en las viviendas es el adecuado.

El potencial en energía eólica y solar se analizaron con los reportes obtenidos de la página web (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>), donde nos proporciona los datos de los últimos veinte años teniendo para la comunidad campesina un promedio mínimo y máximo de 5.4 m/s y 6.43 m/s en la velocidad del viento con una disponibilidad del 07 horas durante el día que empieza desde las 15:00 horas hasta las 22:00 horas y para la radiación solar 4.35 kWh/m² al día en la zona con una disponibilidad de 4.3 horas en el día para aprovechar desde las 11:00 horas hasta las 14:00 horas. En concordancia con Canziani, quién manifiesta que el sistema solar entrega su máxima potencia solar es

entre las 10:00 horas y las 16:00 horas y el potencial eólico se encuentra disponible en la tarde y la noche.

Con respecto al costo de la configuración de generación de la microred, presenta menor costo donde interviene la configuración de 04 turbinas eólicas Windspot 1.5 y 10 paneles, con ello genera 15.16 kW y presenta un costo de USD 16710.00.

VI. CONCLUSIONES

El consumo de energía eléctrica de la comunidad se determinó mediante el levantamiento de información respecto a las cargas y tiempo de funcionamiento en cada vivienda, teniendo un consumo de 46.41 kW para las veinte viviendas que integran la comunidad

Mediante el portal web se logró tabular los datos y se obtuvo que la velocidad promedio del viento en la zona es de 6.43 m/s siendo el mes de mayo el mes con menor desarrollo de la velocidad del viento y con una duración de 7 horas al día, del mismo modo la radiación solar se presenta en promedio 4.35 kWh/m², siendo el mes de julio y setiembre el mes con menor producción del potencial solar respectivamente y en promedio se tiene 4.3 horas al día donde se produce casi el 67 % del potencial energético.

Con la información de los fabricantes sobre las características de funcionamiento y operación para cuatro tipos de generadores eólicos y para cuatro tipos de paneles solares, se evaluó la potencia que desarrollan cada uno de ellos con las condiciones estudiadas para la comunidad, llegando a determinar que los generadores fotovoltaicos presentan 2.27 kW y 1.8 kW. para los generadores eólicos,

Los generadores eólicos presentan mejor desempeño debido al coeficiente de potencia otorgado por el fabricante, desarrollando una potencia de 3.7 kW diarios. Considerando una disponibilidad de 7 horas de viento efectivo para los límites de velocidad del viento característicos en la zona.

VII. RECOMENDACIONES

Los componentes mencionados del sistema híbrido en la presente investigación, necesitan para su correcta operación y funcionamiento, la adquisición de unas estructuras de soporte, cuyo montaje a realizarse debe hacerse de manera adecuada, que permitan al sistema aprovechar al máximo el potencial energético de los recursos solar y eólico respectivamente.

Se recomienda que cada vivienda cuente con una turbina y su sistema solar con su batería según lo requiera.

En el caso del sistema conectado a la red, como el que se maneja en la comunidad, se recomendará a la compañía eléctrica deba proporcionar los costes, así como las condiciones relacionadas con la conexión, así como también los requerimientos para la seguridad y los dispositivos de acondicionamiento de la potencia eléctrica; como se mencionó en el presente estudio, la población tiene energía eléctrica de un solo punto, y se comparte en las veinte viviendas.

REFERENCIAS

- Asprilla Mosquera, D. B. (2016). *Estudio de Sistemas Híbridos De Energía Renovable (solar-gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en Zonas no Interconectadas*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59125>
- Banco Mundial. (09 de septiembre de 2021). *El Banco Mundial apoya un sistema eléctrico inclusivo, verde y resiliente par la recuperación económica del Perú*. Obtenido de Comunicado de Prensa: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2021/09/09/the-world-bank-supports-an-inclusive-green-and-resilient-electricity-sector-for-peru-s-economic-recovery>
- Banco Mundial. (21 de octubre de 2021). *El mercado aumento de los precios de la energía conlleva riesgos de inflación mientras persisten las limitaciones de la oferta*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2021/10/21/soaring-energy-prices-pose-inflation-risks-as-supply-constraints-persist>
- Cámara de Comercio de Lima. (16 de agosto de 2021). *Revista Digital de la Cámara de Comercio de Lima*. Obtenido de ¿Por qué suben los precios en el Perú?: <https://lacamara.pe/por-que-suben-los-precios-en-el-peru/>
- Canziani, F., Vargas, R., Castilla, M., & Miret, J. (2021). análisis de confiabilidad y costos de energía de una microrred híbrida rural utilizando datos medidos y dinámica de baterías: un estudio de caso en la costa de Perú. *Energies*, 14(19). doi: <http://dx.doi.org/10.3390/en14196396>
- Carrillo Gómez, I., Coronado Mendoza, A., & González Gabriel, L. (2019). Metodología para el dimensionamiento óptimo de sistemas híbridos para la electrificación de comunidades rurales situadas en el Occidente de México utilizando herramientas computacionales de optimización. *Revista de Ingeniería Eléctrica*, 1-7. doi:10.35429/JEE.2019.10.3.1.7
- Casa Villaseca, M., & Barrio López, M. (2017). *Instalaciones Solares fotovoltaicas*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Cotos Barreto, J. G., & Mejía Benites, L. C. (2019). Plan de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad de la línea 1 de paletizado en una planta de alimento balanceado en La Libertad Trujillo. *Universidad Cesar Vallejo (UCV)*. Trujillo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64166>
- Domínguez Gómez, J. A. (2008). *Energías Alternativas*. Madrid: digitalia HISPANICA.
- Estrada Cosme, K. J. (2017). Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la elaboración de alimentos balanceados de la empresa Dicovent S.R.Ltda, Puente Piedra, 2017. *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Puente Piedra, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12666>
- Fonthal Rico, F., & López Castrillón, Y. (2019). *Energía Solar Fotovoltaica*. Bogotá: Alfaomega Colombiana S.A.

- Forero Núñez, C. A., Valencia, J. A., & Sierra Vargas, F. E. (2015). A review of the analysis and modeling strategies applied on energy hybrid systems. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 59-65.
- Fortun Diaz, G. F. (2018). Mantenimiento preventivo utilizando promodel para disminuir los costos por paradas imprevistas en el área de molienda de la empresa El Rocío S.A. en el año 2018. *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35661>
- Girón Morales, O. I. (2014). Plan de mantenimiento preventivo y productivo maquinaria línea externa y evisceración planta beneficio Pollos el Bucanero S.A. *Repositorio Universidad Autónoma de Occidente*. SANTIAGO DE CALI, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10614/7729>
- Jamjachi Rojas, J. J. (10 de diciembre de 2021). *Diseño de un sistema eléctrico híbrido para una vivienda residencial*. Obtenido de Repositorio Universidad Continental: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9879/2/IV_FIN_109_TI_Jamjachi_Rojas_2021.pdf
- Lindao Beltrán, R. G. (2016). Identificación de los equipos críticos en la planta procesadora de alimento balanceado en Avícola San Isidro S.A. Avisad para optimizar el sistema de mantenimiento preventivo. *Repositorio Universidad de Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18474>
- Londoño, P., & Mieres Pitre, A. (2012). Efectividad del Proceso de Producción de Alimentos para Aves. *Revista INGENIERÍA UC*, 68-73.
- Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México DF: Alfaomega.
- Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importance of the industrial maintenance inside the processes of production. *Scientia Et Technica*, 354-356.
- Organización Latinoamericana de Energía. (mayo de 2020). *Análisis de los impactos de la pandemia del COVID-19 sobre el Sector Energético de América Latina y el Caribe*. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0452.pdf>
- Piro Guerrero, F. (2018). Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento de una planta de fabricación de alimento balanceado utilizando la metodología TPM. Lima, Perú. Obtenido de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC): <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624482>
- Puido Valle, B. M., & Ullauri Aranda, P. J. (2020). Propuesta de mejora en la Gestión de producción, logística y mantenimiento para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado Trujillo 2020. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/25261>
- Rinaldi, F., Moghaddampoor, F., Behzad, N., & Marchesi, R. (2021). Análisis de viabilidad económica y optimización de sistemas híbridos de energía renovable para electrificación rural en Perú. *Política ambiental de técnica limpia*, 731-748. doi: <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01906-y>

- Schmerler, D., Velarde, J. C., Rodríguez, A., & Solís, B. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición*. Lima: Osinergmin. Obtenido de Osinergmin:
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf
- Serván Sócola, J. A. (febrero de 2014). *Análisis técnico-económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red*. Obtenido de Repositorio Institucional Pirhua - Universidad de Piura: <https://hdl.handle.net/11042/2038>
- Tapia Uriarte, J. E. (2020). Evaluación de la Gestión de Mantenimiento para la implementación del módulo ERP SAP en una avícola Trujillo 2021. *Tesis para optar Título Profesional*. Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/27316>
- World Bank. (16 de noviembre de 2021). *UNDERSTANDING POVERTY*. Obtenido de Food Security and COVID-19: <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/brief/food-security-and-covid-19>

ANEXOS

ANEXO 1: DATOS DE LA IRRADIACIÓN SOLAR DE LA ZONA A ESTUDIAR

Paita-Zapata

-05.09165°, -081.08239°
 unnamed road, Paita, Piura, Peru
 Time zone: UTC-05, America/Lima [PET]

Report generated: 6 Oct 2023

SITE INFO

| Map data | | Per year |
|--|----------|---------------------------|
| Direct normal irradiation | DNI | 1894.5 kWh/m ² |
| Global horizontal irradiation | GHI | 2251.2 kWh/m ² |
| Diffuse horizontal irradiation | DIF | 854.5 kWh/m ² |
| Global tilted irradiation at optimum angle | GTI opta | 2265.7 kWh/m ² |
| Optimum tilt of PV modules | OPTA | 7 / 0 ° |
| Air temperature | TEMP | 21.8 °C |
| Terrain elevation | ELE | 68 m |

Horizon and sunpath

Solar azimuth [°]
 180 225 270 315 0 45 90 135 180

Solar elevation [°]
 90
 75
 60
 45
 30
 15
 0

South West North East South

- Terrain horizon
- Active area
- PET (UTC-05:00)
- Solar time
- December solstice
- June solstice
- Equinox

Map

500 m
3000 ft

Leaflet | Satellite tiles © Esri

PVOUT map

300 km
300 mi

Leaflet | PVOUT map © 2023 Solargis

PVOUT: Long-term average of annual totals of PV power potential

600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 kWh/kWp

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

PV system configuration



Pv system: **Ground-mounted large scale**

Azimuth of PV panels: **Default (0°)**

Tilt of PV panels: **7°**

Installed capacity: **1000 kWp**

Annual averages

Total photovoltaic power output and Global tilted irradiation

1.838

GWh per year

2261.8

kWh/m² per year

Monthly averages

Total photovoltaic power output



Average hourly profiles

Total photovoltaic power output [kWh]



Average hourly profiles

Total photovoltaic power output [kWh]

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 - 1 | | | | | | | | | | | | |
| 1 - 2 | | | | | | | | | | | | |
| 2 - 3 | | | | | | | | | | | | |
| 3 - 4 | | | | | | | | | | | | |
| 4 - 5 | | | | | | | | | | | | |
| 5 - 6 | | | | | | | | | | | | |
| 6 - 7 | 11 | 6 | 7 | 12 | 12 | 7 | 5 | 8 | 20 | 34 | 37 | 24 |
| 7 - 8 | 114 | 101 | 115 | 136 | 129 | 109 | 100 | 113 | 145 | 168 | 168 | 146 |
| 8 - 9 | 280 | 272 | 299 | 324 | 297 | 254 | 227 | 242 | 304 | 324 | 319 | 311 |
| 9 - 10 | 443 | 439 | 477 | 498 | 449 | 379 | 334 | 365 | 478 | 485 | 471 | 464 |
| 10 - 11 | 575 | 580 | 621 | 641 | 583 | 504 | 469 | 525 | 645 | 637 | 621 | 590 |
| 11 - 12 | 660 | 665 | 705 | 718 | 662 | 600 | 591 | 658 | 742 | 735 | 712 | 675 |
| 12 - 13 | 684 | 697 | 729 | 736 | 688 | 644 | 656 | 723 | 769 | 758 | 737 | 698 |
| 13 - 14 | 685 | 687 | 706 | 702 | 659 | 629 | 657 | 713 | 738 | 722 | 707 | 678 |
| 14 - 15 | 606 | 607 | 633 | 614 | 579 | 563 | 596 | 636 | 646 | 623 | 603 | 592 |
| 15 - 16 | 478 | 491 | 508 | 486 | 450 | 443 | 478 | 508 | 495 | 469 | 455 | 458 |
| 16 - 17 | 313 | 326 | 328 | 307 | 276 | 278 | 310 | 328 | 305 | 275 | 268 | 284 |
| 17 - 18 | 137 | 147 | 138 | 113 | 92 | 98 | 120 | 127 | 104 | 84 | 84 | 107 |
| 18 - 19 | 18 | 20 | 14 | 4 | 2 | 2 | 5 | 6 | 3 | 2 | 2 | 8 |
| 19 - 20 | | | | | | | | | | | | |
| 20 - 21 | | | | | | | | | | | | |
| 21 - 22 | | | | | | | | | | | | |
| 22 - 23 | | | | | | | | | | | | |
| 23 - 24 | | | | | | | | | | | | |
| Sum | 5,003 | 5,037 | 5,281 | 5,292 | 4,877 | 4,509 | 4,549 | 4,951 | 5,392 | 5,315 | 5,186 | 5,034 |

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Annual averages

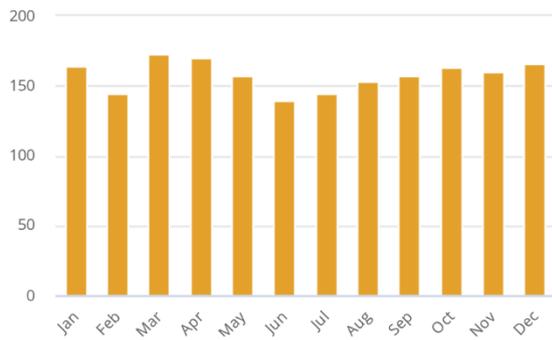
Direct normal irradiation

1889.8

kWh/m² per year

Monthly averages

Direct normal irradiation



Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]



UTC-05

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 - 1 | | | | | | | | | | | | |
| 1 - 2 | | | | | | | | | | | | |
| 2 - 3 | | | | | | | | | | | | |
| 3 - 4 | | | | | | | | | | | | |
| 4 - 5 | | | | | | | | | | | | |
| 5 - 6 | | | | | | | | | | | | |
| 6 - 7 | 30 | 12 | 16 | 23 | 21 | 13 | 10 | 14 | 36 | 62 | 68 | 55 |
| 7 - 8 | 199 | 184 | 209 | 228 | 206 | 181 | 170 | 170 | 172 | 187 | 199 | 217 |
| 8 - 9 | 332 | 325 | 366 | 384 | 328 | 269 | 217 | 212 | 269 | 281 | 294 | 341 |
| 9 - 10 | 454 | 445 | 498 | 516 | 430 | 340 | 275 | 287 | 408 | 416 | 416 | 453 |
| 10 - 11 | 550 | 546 | 611 | 631 | 536 | 433 | 377 | 430 | 558 | 554 | 554 | 560 |
| 11 - 12 | 619 | 611 | 662 | 686 | 604 | 520 | 501 | 563 | 645 | 643 | 645 | 636 |
| 12 - 13 | 629 | 619 | 670 | 701 | 635 | 578 | 587 | 649 | 674 | 675 | 681 | 655 |
| 13 - 14 | 660 | 631 | 668 | 676 | 624 | 593 | 624 | 670 | 677 | 683 | 700 | 666 |
| 14 - 15 | 610 | 575 | 631 | 617 | 582 | 569 | 610 | 635 | 629 | 628 | 635 | 617 |
| 15 - 16 | 518 | 507 | 550 | 544 | 507 | 507 | 556 | 572 | 535 | 531 | 532 | 527 |
| 16 - 17 | 393 | 386 | 412 | 416 | 386 | 400 | 451 | 453 | 402 | 388 | 394 | 391 |
| 17 - 18 | 243 | 240 | 251 | 234 | 201 | 223 | 270 | 265 | 207 | 193 | 200 | 218 |
| 18 - 19 | 54 | 59 | 43 | 11 | 7 | 9 | 15 | 14 | 8 | 6 | 7 | 22 |
| 19 - 20 | | | | | | | | | | | | |
| 20 - 21 | | | | | | | | | | | | |
| 21 - 22 | | | | | | | | | | | | |
| 22 - 23 | | | | | | | | | | | | |
| 23 - 24 | | | | | | | | | | | | |
| Sum | 5290 | 5140 | 5586 | 5668 | 5066 | 4635 | 4662 | 4935 | 5220 | 5247 | 5324 | 5358 |

ANEXO 2: DATOS Y FICHAS TÉCNICAS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



ATLAS by Eco Green Energy

530-550W

M10 / 182 mm Cell - 144 Half-cell

Founded in 2008, Eco Green Energy is a french brand solar PV manufacturer and distributing now its PV module in more than 60 countries over the world. Atlas series solar modules are made only with grade A cells for highest power generation, lowest LCOE, and ensured more than 25 years lifespan.



KEY FEATURES



Gallium-doped Technology



Lower LCOE and BOS



Anti PID/ Low LID protection



Less Hot Spot Shading effects



Lower temperature coefficient

144-Cell
MONOCRYSTALLINE MODULE

21.28%
MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

GRADE A
CELLS GUARANTEED

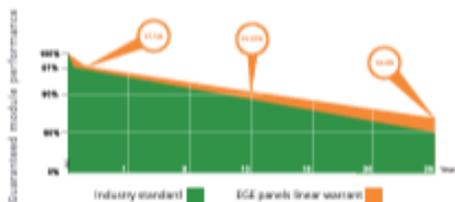


French Quality Module



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty · 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.
Add: 299 Xing Cheng Road, Cheng Chuan District, Nantong, Jiangsu, China
Tel: +86 513 6660088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

COMPREHENSIVE CERTIFICATES

IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
ISO 9001 : Quality Management Systems



Facebook: www.facebook.com/EGE.Nantong
LinkedIn: www.linkedin.com/company/eco-green-energy/
Website: www.eco-greenenergy.com



ELECTRICAL DATA AT STC*

| Power output (Pmax) | 530 W | 535 W | 540 W | 545 W | 550 W |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Power tolerance | 0~+5 W |
| Module efficiency | 20.51 % | 20.70 % | 20.89 % | 21.09 % | 21.28 % |
| Maximum power voltage (Vmp) | 40.58 V | 40.68 V | 40.79 V | 40.89 V | 40.98 V |
| Maximum power current (Imp) | 13.06 A | 13.15 A | 13.24 A | 13.33 A | 13.42 A |
| Open circuit voltage (Voc) | 49.29 V | 49.39 V | 49.49 V | 49.59 V | 49.68 V |
| Short circuit current (Isc) | 13.64 A | 13.73 A | 13.83 A | 13.92 A | 14.01 A |

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NMOT*

| Power output (Pmax) | 395.18 W | 398.91 W | 402.64 W | 406.37 W | 410.10 W |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Maximum power voltage (Vmp) | 38.05 V | 38.14 V | 38.24 V | 38.33 V | 38.42 V |
| Maximum power current (Imp) | 10.37 A | 10.44 A | 10.52 A | 10.59 A | 10.66 A |
| Open circuit voltage (Voc) | 45.71 V | 45.80 V | 45.90 V | 45.99 V | 46.07 V |
| Short circuit current (Isc) | 11.09 A | 11.16 A | 11.24 A | 11.32 A | 11.39 A |

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambient temperature: 20°C
• AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

| | |
|-----------------------------|--|
| Cell type | Monocrystalline (182x91 mm) |
| Number of cells | 144 |
| Dimensions | 2279x1134x35mm (1.5mm Cell Gap) |
| Weight | 29 kg |
| Glass | 3.2 mm tempered glass, High transmission (>94%), Anti-Reflective Coating |
| Frame | Anodized aluminium alloy |
| Junction box | IP68 rated (3 by pass diodes) |
| Cable | 4.0mm ² ; 300mm(+)/ 300mm(-) ; Length can be customized |
| Connector | MC4 or MC4 compatible |
| Max front load (e.g.: snow) | 5400 Pa |
| Max back load (e.g.: wind) | 2400 Pa |

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

| | |
|---------------------------------|------------|
| NOCT | 45°C ±2 °C |
| Temperature coefficient of Pmax | -0.35%/°C |
| Temperature coefficient of Voc | -0.28%/°C |
| Temperature coefficient of Isc | +0.048%/°C |

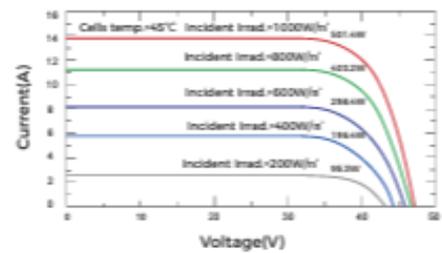
MAXIMUM RATINGS

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Operating temperature range | -40 °C ~+85 °C |
| Maximum system voltage | 1500 DC (IEC) |
| Max series fuse rating | 25 A |

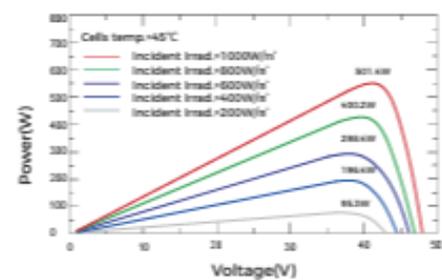
PACKAGING (2279x1134x35mm)

| Type | Pcs | Weight |
|-------------------|----------------------|---------|
| Per Pallet | 31 pcs | 940 kg |
| 40ft HQ Container | 620 pcs (20 pallets) | 18.80 t |

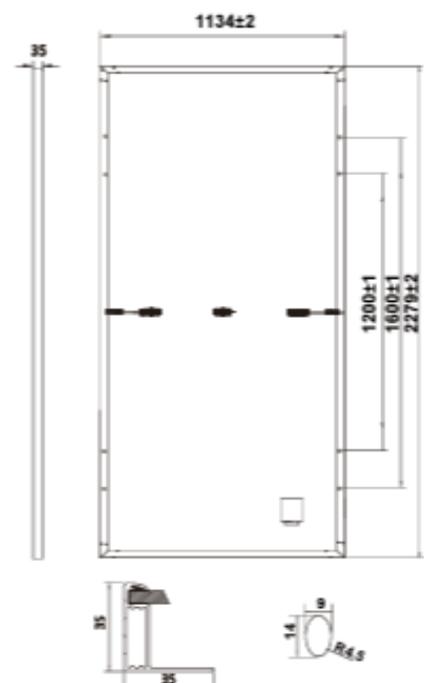
PV MODULE : EGE-540W-144M(M10)



PV MODULE : EGE-540W-144M(M10)



Dimension of PV Module (mm)



Harvest the Sunshine



Mono

470W MBB Half-Cell Module
JAM72S20 445-470/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

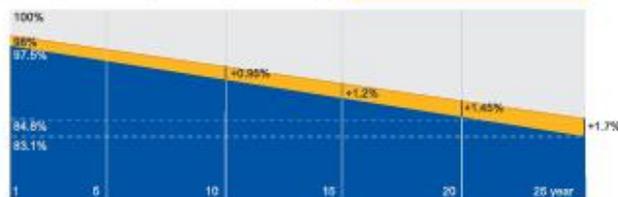


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



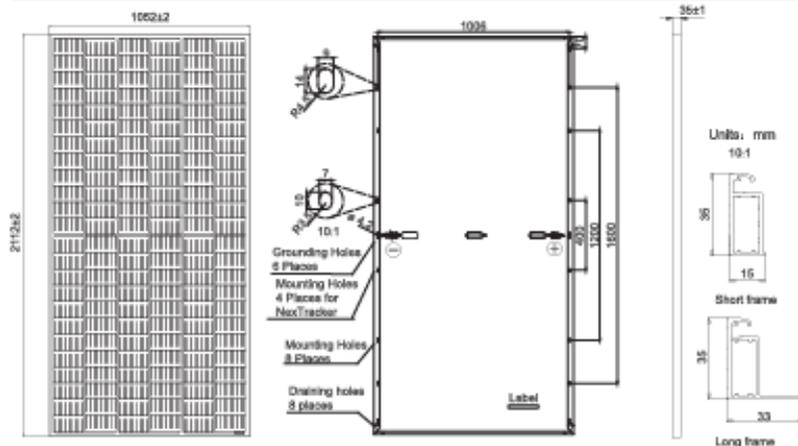
■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

| | |
|------------------------------------|--|
| Cell | Mono |
| Weight | 24.5kg |
| Dimensions | 2112±2mm×1052±2mm×35±1mm |
| Cable Cross Section Size | 4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL) |
| No. of cells | 144 (6×24) |
| Junction Box | IP68, 3 diodes |
| Connector | MC4-EVO2/ QC 4.10-35 |
| Cable Length (Including Connector) | Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-) |
| Packaging Configuration | 31pcs/pallet 682pcs/40ft Container |

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

| TYPE | JAM72S20 -445/MR | JAM72S20 -450/MR | JAM72S20 -455/MR | JAM72S20 -460/MR | JAM72S20 -465/MR | JAM72S20 -470/MR |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Rated Maximum Power(Pmax) [W] | 445 | 450 | 455 | 460 | 465 | 470 |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V] | 49.56 | 49.70 | 49.85 | 50.01 | 50.15 | 50.31 |
| Maximum Power Voltage(Vmp) [V] | 41.21 | 41.52 | 41.82 | 42.13 | 42.43 | 42.69 |
| Short Circuit Current(Isc) [A] | 11.32 | 11.36 | 11.41 | 11.45 | 11.49 | 11.53 |
| Maximum Power Current(Imp) [A] | 10.80 | 10.84 | 10.88 | 10.92 | 10.96 | 11.01 |
| Module Efficiency [%] | 20.0 | 20.3 | 20.5 | 20.7 | 20.9 | 21.2 |
| Power Tolerance | 0~+5W | | | | | |
| Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc}) | +0.044%/°C | | | | | |
| Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc}) | -0.272%/°C | | | | | |
| Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp}) | -0.350%/°C | | | | | |
| STC | Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G | | | | | |

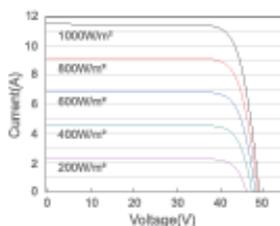
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

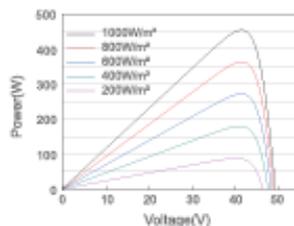
| TYPE | JAM72S20 -445/MR | JAM72S20 -450/MR | JAM72S20 -455/MR | JAM72S20 -460/MR | JAM72S20 -465/MR | JAM72S20 -470/MR | OPERATING CONDITIONS | |
|--------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Rated Max Power(Pmax) [W] | 338 | 340 | 344 | 348 | 352 | 355 | Maximum System Voltage | 1000V/1500V DC |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V] | 46.65 | 46.90 | 47.15 | 47.38 | 47.61 | 47.84 | Operating Temperature | -40°C~+85°C |
| Max Power Voltage(Vmp) [V] | 38.95 | 39.19 | 39.44 | 39.68 | 39.90 | 40.10 | Maximum Series Fuse Rating | 20A |
| Short Circuit Current(Isc) [A] | 9.20 | 9.25 | 9.29 | 9.33 | 9.38 | 9.42 | Maximum Static Load,Front* | 5400Pa(112 lb/ft ²) |
| Max Power Current(Imp) [A] | 8.64 | 8.68 | 8.72 | 8.76 | 8.81 | 8.86 | Maximum Static Load,Back* | 2400Pa(50 lb/ft ²) |
| NOCT | Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G | | | | | | NOCT | 45±2°C |
| | *For NexTracker installations ,Maximum Static Load, Front is 1800Pa while Maximum Static Load, Back is 1800Pa. | | | | | | Safety Class | Class II |
| | | | | | | | Fire Performance | UL Type 1 |

CHARACTERISTICS

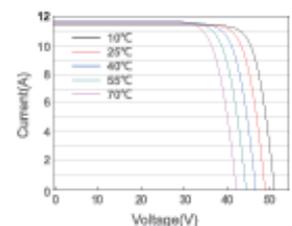
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR

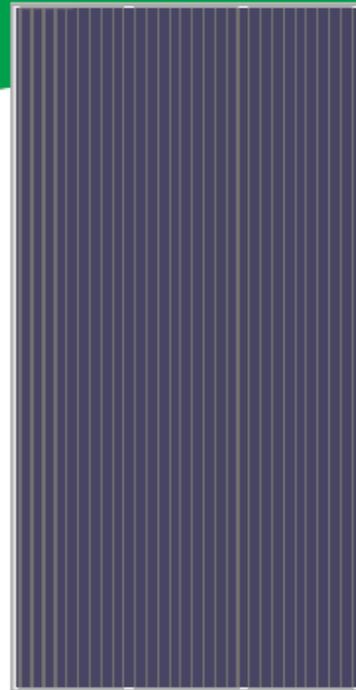


EOS POLY by Eco Green Energy

330-350W

156.75 mm Cell - 72 cells

Founded in 2008, Eco Green Energy is a french brand solar PV manufacturer and distributing now its PV module in more than 60 countries over the world. Eos poly solar modules are made only with grade A cells for highest power generation, lowest LCOE, and ensured more than 25 years lifespan.



 French Quality Module

KEY FEATURES

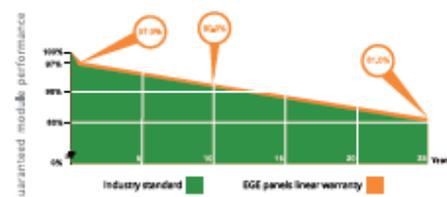
-  PERC Cells Technology
-  Lower LCOE and BOS
-  Anti PID/ Low LID protection
-  Less Hot Spot Shading effects
-  Lower temperature coefficient

- 72-Cell**
POLYCRYSTALLINE MODULE
- 18.04%**
MAXIMUM EFFICIENCY
- 0~+5W**
POSITIVE POWER TOLERANCE
- GRADE A**
CELLS GUARANTEED



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty - 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.
Add: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong, Jiangsu, China
Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@ecogreenenergy.com

COMPREHENSIVE CERTIFICATES

IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 62804 / UL 61730
ISO 9001 : Quality Management Systems



Facebook: www.facebook.com/EGENantong
LinkedIn: www.linkedin.com/company/eco-green-energy/
Website: www.eco-greenenergy.com



ELECTRICAL DATA AT STC*

| | | | | | |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Power output (Pmax) | 330 W | 335 W | 340 W | 345 W | 350 W |
| Power tolerance | 0~+5 W |
| Module efficiency | 17.01 % | 17.27 % | 17.52 % | 17.78 % | 18.04 % |
| Maximum power voltage (Vmp) | 37.93 V | 38.15 V | 38.42 V | 38.68 V | 38.93 V |
| Maximum power current (Imp) | 8.70 A | 8.78 A | 8.85 A | 8.92 A | 8.99 A |
| Open circuit voltage (Voc) | 46.11 V | 46.32 V | 46.58 V | 46.85 V | 47.12 V |
| Short circuit current (Isc) | 9.10 A | 9.16 A | 9.23 A | 9.31 A | 9.38 A |

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NMOT*

| | | | | | |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Power output (Pmax) | 244.13 W | 247.83 W | 251.53 W | 255.23 W | 258.92 W |
| Maximum power voltage (Vmp) | 35.03 V | 35.23 V | 35.48 V | 35.72 V | 35.96 V |
| Maximum power current (Imp) | 6.96 A | 7.02 A | 7.08 A | 7.14 A | 7.19 A |
| Open circuit voltage (Voc) | 42.80 V | 43.00 V | 43.24 V | 43.49 V | 43.74 V |
| Short circuit current (Isc) | 7.39 A | 7.44 A | 7.49 A | 7.56 A | 7.61 A |

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambient temperature: 20°C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

| | |
|-----------------------------|--|
| Cell type | Polycrystalline (156.75x156.75mm) |
| Number of cells | 72 |
| Dimensions | 1956x992x40mm |
| Weight | 22.8 kg |
| Glass | 3.2 mm tempered glass, High transmission (>94%), Anti-Reflective Coating |
| Frame | Anodized aluminium alloy |
| Junction box | IP68 rated (3 by pass diodes) |
| Cable | 4mm ² , 900mm (+) 900mm (-); Length can be customized |
| Connector | MC4 or MC4 compatible |
| Max front load (e.g.: snow) | 5400 Pa |
| Max back load (e.g.: wind) | 2400 Pa |

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

| | |
|---------------------------------|-------------|
| NOCT | 45 °C ±2 °C |
| Temperature coefficient of Pmax | -0.396%/°C |
| Temperature coefficient of Voc | -0.31%/°C |
| Temperature coefficient of Isc | +0.06%/°C |

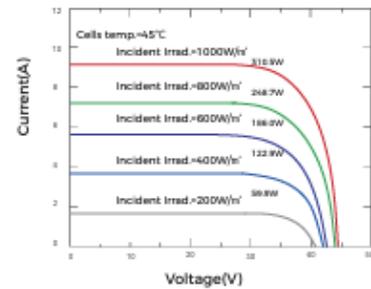
MAXIMUM RATINGS

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Operating temperature range | -45 °C ~+85 °C |
| Maximum system voltage | 1500V/DC(IEC) 1500V/DC(UL) |
| Max series fuse rating | 25 A |

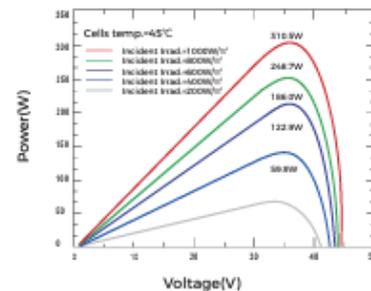
PACKAGING (1956x992x40mm)

| Type | Pcs | Weight |
|-------------------|---------|--------|
| Per Pallet | 27 pcs | 650 kg |
| 40ft HQ Container | 720 pcs | 17.3 t |

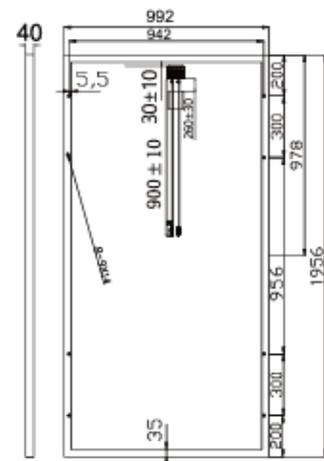
PV MODULE : EGE-350W-72M



PV MODULE : EGE-350W-72M



Dimension of PV Module (mm)





ESPMC

Polycrystalline Solar Module



High-quality

With 72 cells and 3 bypass diodes in power classes from 300 to 330 Wp for grid connected systems.



Reliable

The high quality level of ERA SOLAR guarantees long life-time and high earnings.



Solid

An Aluminium hollow-chamber frame on each side combined with low-iron and tempered solar glass ensures high load capacity resistance.



Performance guarantee

ERA SOLAR grants a power guarantee of 90% of nominal power output up to 10 years and 80% up to 25 years.



WATTS
POSITIVE
TOLERANCE



10 YEARS
PRODUCT
WARRANTY



10 YEARS
PERFORMANCE
GUARANTEE 90%



25 YEARS
PERFORMANCE
GUARANTEE 80%

ESPMC

Polycrystalline Solar Module

SPECIFICATIONS

| | |
|-----------------------------|--|
| Dimensions | 1956 x 992 x 35 mm 1956 x 992 x 40 mm 1956 x 992 x 45 mm |
| Weight | 20.9 kg |
| Frame | Aluminium hollow-chamber frame on each side |
| Glass | Low-iron and tempered glass 3.2 mm |
| Cells | 72 pcs multi-crystalline Si-cells (156 x 156 mm) |
| Cell Embedding | EVA |
| Back-Foil | FEVE / PET/ FEVE |
| Junction Box | |
| Cable | 4 mm ² solar cable 2 x 900 mm |
| Temperature Range | -40°C ... +85°C |
| Load Capacity | 5400 Pa |
| Application class | Class A |
| Electrical protection class | Class II |
| Fire safety class | Class C |
| Product Warranty | 10 years |
| Power | 10 years 90% |
| Guarantee | 25 years 80% |

CHARACTERISTICS

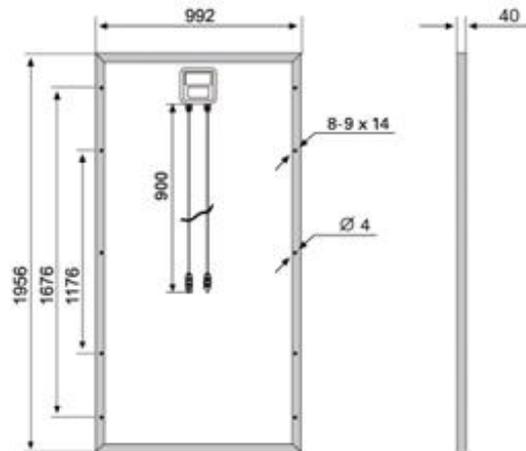
| | |
|--|--------------|
| Max. System Voltage | 1000V/DC |
| Temperature- _{sc} | +0.0655%/°K |
| Temperature- _{V_{OC}} | -0.2950%/°K |
| Temperature- _{MPP} | -0.38001%/°K |
| NOCT ^{***} | 45°C |

CERTIFICATES

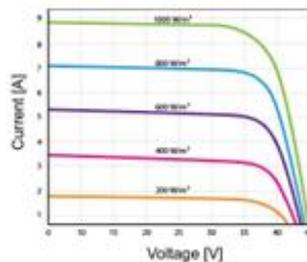
IEC 61215 edition 2 (TUV Nord)
IEC 61730 MCS INMETRO
CE CEC SALT-MIST
PID Resistant

INSURANCE

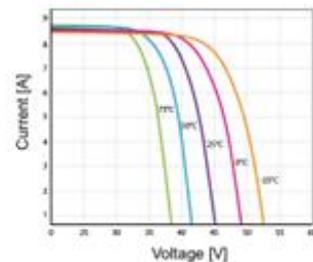
Chubb



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/m²).

| ESPMC TYPE | 300 | 310 | 315 | 320 | 325 | 330 |
|--|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Power Class | 300W | 310W | 315W | 320W | 325W | 330W |
| Max. Power Voltage (V _{MPP}) [*] at STC ^{**} | 37V | 37.3V | 37.5V | 37.65V | 37.8V | 37.95V |
| Max. Power Current (I _{MPP}) at STC | 8.1A | 8.31A | 8.4A | 8.5A | 8.6A | 8.7A |
| Open Circuit Voltage (V _{OC}) at STC | 44.8V | 45.1V | 45.3V | 45.45V | 45.6V | 45.75V |
| Short Circuit Current (I _{SC}) at STC | 8.7A | 8.9A | 9A | 9.1A | 9.2A | 9.3A |
| Module Efficiency | 15.5 % | 16 % | 16.2 % | 16.5 % | 16.8 % | 17 % |

* MPP: Maximum Power Point

** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5

*** Normal Operating Cell Temperature



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.
© October 2018 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

/10/

ANEXO 3: AUTORIZACIÓN DE PERMISO PARA REALIZACIÓN DE LA TESIS

 **COMUNIDAD CAMPESINA
SAN FRANCISCO
DE LA BUENA ESPERANZA**

Fundada el 09 de Mayo de 1544
Reactivada el 07-06-1992
R.D.N. 04393 DRA DPI 25-1193



“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”

Paita, 22 de setiembre del 2022.

CARTA N°093-2022-PRESIDENCIA-CCSFBE-P

SEÑOR. -
CARLOS ENRIQUE ZAPATA AGURTO.

ASUNTO: RESPUESTA A DOCUMENTO DE FECHA 21 DE SETIEMBRE DE 2022.

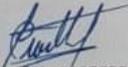
REFERENCIA: SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN.

De mi mayor consideración.

Por la presente tengo el agrado de dirigirme a Ud., con la finalidad de dar respuesta a su solicitud y a la vez manifestarle lo siguiente:

SE LE AUTORIZA al Sr. **CARLOS ENRIQUE ZAPATA AGURTO**, identificado DNI N° 46442786, domiciliado en Mz G3 lote 04 – Pueblo Comunal de la Comunidad Campesina San Francisco de la Buena Esperanza de Paita, a hacer USO de los seis últimos recibos de luz emitidos por la Empresa ENOSA a partir desde el mes de marzo al mes de agosto **ÚNICAMENTE PARA FINES ACADÉMICOS (ELABORACIÓN DE SU TESIS DE TITULACIÓN EN LA UNIVERSIDAD PRIVADA CESAR VALLEJO).**

Atentamente;


DENNI DANER LABAN SOSA
PRESIDENTE
COMUNIDAD CAMPESINA S.F.B.E. - PAITA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MIREZ TARRILLO JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "

Evaluación de un Sistema de Nanogrid para el Suministro de Energía Eléctrica en la Población de la Comunidad Campesina San Francisco de la Buena Esperanza en la Ciudad de Paita

", cuyo autor es ZAPATA AGURTO CARLOS ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 27 de Diciembre del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|--|
| MIREZ TARRILLO JORGE LUIS DNI: 27423478 ORCID: 0000-0002-5614-5853 | Firmado electrónicamente por: JMIREZTA el 27-12- 2023 22:57:54 |

Código documento Trilce: TRI - 0710765