

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Generación eléctrica híbrida para reducir la  
facturación mensual de energía de usuarios  
regulados con consumos mayores a 100 kWh  
mensual del distrito de La Victoria, provincia de  
Chiclayo**

Gilman Robert Montalvo Montalvo

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Nelly Roxana Sovero Lazo  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 22 de Agosto de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

GENERACIÓN ELÉCTRICA HIBRIDA PARA REDUCIR LA FACTURACIÓN MENSUAL DE ENERGÍA  
DE USUARIOS REGULADOS CON CONSUMOS MAYORES A 100 kWh MENSUAL DEL DISTRITO  
DE LA VICTORIA PROVINCIA DE CHICLAYO

**Autores:**

1. Gilman Robert Montalvo Montalvo – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- |  |  |  |
|--|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía  | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/>            |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores<br>Nº de palabras excluidas ( <b>en caso de elegir "SI"</b> ): | SI <input type="checkbox"/>            | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante  | SI <input type="checkbox"/>            | NO <input checked="" type="checkbox"/> |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por darme la fuerza para cumplir mis metas profesionales. A mis padres, quienes me enseñaron el valor del trabajo y los principios que guían una vida íntegra, y a mis hermanos, que con su apoyo y crítica constructiva me permitieron reconocer mis debilidades, ayudándome a esforzarme y ser mejor cada día.

## **DEDICATORIA**

El presente informe de investigación lo dedico a mi papá Severo, quien, aunque ya no está conmigo, permanece siempre en mi corazón y en mis pensamientos, y a mi mamá, que me acompaña con su amor, paciencia y digno ejemplo, guiando mi camino y apoyándome en el logro de mis objetivos. A mis padres, que son mi apoyo e inspiración a lo largo de mi carrera universitaria y de mi vida, y también a todas aquellas personas que me apoyaron en esta etapa, incentivándome en mi formación tanto profesional como personal.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como escenario las casas del distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, ubicado al norte del Perú. El objetivo de este plan de tesis es reducir la facturación eléctrica mensual de los usuarios regulados cuyo consumo sea mayor a 100 kWh en el distrito de La Victoria. Se utilizó la metodología de estudio tipo aplicativo de observación directa con método deductivo y diseño no experimental. Esta metodología comprende la recolección de datos en dos fases: la primera recoge los datos cuantitativos para luego analizarlos, y la segunda fase usa los resultados para determinar si se acepta o rechaza la inversión.

El resultado de la investigación servirá como un gran aporte al objeto de estudio. Conociendo la capacidad de irradiación de horas de sol en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, se opta por un sistema eléctrico híbrido, compuesto por paneles solares y un aerogenerador, conectados a la red convencional de la concesionaria a través de un Tablero de Transferencia Automática (TTA). La generación fotovoltaica está compuesta por 6 paneles solares de la marca Jingle Solar de 250 Wp de potencia pico cada uno, un inversor/controlador híbrido de la marca Huawei Solar de 2 kW y un aerogenerador de 1.2 kW.

Se llegó a la conclusión de que el sistema eléctrico híbrido es rentable para usuarios regulados cuyos consumos mensuales sean mayores a 100 kWh. Además, este sistema híbrido es una buena alternativa de generación de energía eléctrica, ya que, además de reducir la facturación mensual de la casa, no contamina el medio ambiente, no genera CO<sup>2</sup> y contribuye al control del cambio climático según el Acuerdo de París.

## **ABSTRACT**

The present research work was conducted in the houses of the district of La Victoria, Province of Chiclayo, Department of Lambayeque, located in northern Peru. The objective of this thesis plan is to reduce the monthly electricity billing of regulated users whose consumption is greater than 100 kWh in the district of La Victoria. The methodology used was an application-based study with direct observation, deductive method, and non-experimental design. This methodology includes data collection in two phases: the first phase collects quantitative data for subsequent analysis, and the second phase uses the results to determine whether to accept or reject the investment.

The research results will provide a significant contribution to the study subject. Knowing the solar irradiation capacity in the district of La Victoria, Province of Chiclayo, a hybrid electrical system was chosen, consisting of solar panels and a wind turbine, connected to the conventional grid of the utility company through an Automatic Transfer Panel (ATP). The photovoltaic generation is composed of 6 Jingle Solar brand solar panels, each with a peak power of 250 Wp, a 2 kW hybrid inverter/controller from Huawei Solar, and a 1.2 kW wind turbine.

It was concluded that the hybrid electrical system is cost-effective for regulated users with monthly consumption greater than 100 kWh. Moreover, this hybrid system is a good alternative for generating electrical energy, as it not only reduces the monthly billing of the house but also does not pollute the environment, does not generate CO<sup>2</sup>, and contributes to climate change control according to the Paris Agreement.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	13
1.1 Planteamiento y formulación del Problema .....	13
1.2 Formulación del Problema .....	17
1.2.1 Problema General .....	17
1.2.2 Problemas Específicos .....	17
1.3 Objetivos .....	17
1.3.1 Objetivo General .....	17
1.3.2 Objetivos Específicos .....	17
1.4 Justificación .....	18
1.4.1 Justificación Teórica .....	18
1.4.2 Justificación Metodológica .....	18
1.4.3 Justificación Práctica .....	18
1.5 Hipótesis .....	19
1.5.1 Hipótesis General .....	19
1.5.2 Hipótesis Específicas .....	20
1.5.3 Operacionalización de Variables .....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	23
2.1 Antecedentes del Problema .....	23
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	23
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	24
2.1.3 Antecedentes Locales .....	26
2.2 Bases Teóricas del Problema .....	27
2.2.1 Sistema de Generación Eléctrica Híbrido .....	27
2.2.2 Facturación Mensual .....	38
2.2.3 Base Legal .....	39
2.3 Definición de Términos Básicos .....	43
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	46
3.1 Metodología y Alcance de la Investigación .....	46
3.2 Tipo de Investigación .....	46
3.3 Nivel de la Investigación .....	47
3.4 Diseño de la Investigación .....	47
3.5 Población y Muestra .....	47
3.6 Técnicas de Procesamiento de datos .....	47
3.7 Técnicas de Recolección de Datos .....	47

3.8 Instrumentos de Recolección de Datos .....	48
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	50
4.1 Cálculo del Sistema Eléctrico Híbrido Fotovoltaico-Solar .....	50
4.1.2 Determinar la Radiación de la Zona .....	52
4.1.3 Calcular el Número de Paneles de la Casa .....	53
4.1.4 Conexión de los Paneles de la Casa .....	54
4.1.5 Calcular la Corriente de Entrada del Controlador .....	55
4.1.6 Calcular la Potencia del Inversor .....	56
4.1.7 Calcular Calibre del Conductor .....	57
4.1.8 Energía Generada por los Paneles Solares .....	57
4.1.9 Energía Generada por Aerogenerador .....	58
4.1.10 Costo de Suministro de Equipos .....	61
4.1.11 Presupuesto .....	61
4.1.12 Calcular los Medidores Financieros VAN y TIR .....	62
4.2 Resultados del tratamiento y Análisis de la Información .....	63
4.2.1 Prueba de Hipótesis .....	64
4.3 Análisis de Resultados .....	65
DISCUSIÓN .....	67
CONCLUSIONES .....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
ANEXOS .....	74

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Temperaturas Ambiente de la ciudad de Chiclayo

Tabla 2. Velocidad del Viento de la ciudad de Chiclayo

Tabla 3. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 4. Tipos de Aerogeneradores

Tabla 5. Matriz de Consistencia

Tabla 6. Radiación en la Zona

Tabla 7. Velocidad del Viento en la Zona

Tabla 8. Cuadro de Generación de Energía Fotovoltaica

Tabla 9. Demanda y Generación de Energía Eólica y Solar

Tabla 10. Facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo que no cuenta con Sistema de Generacion Híbrida

Tabla 11. Facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo con Sistema de Generacion Híbrida

Tabla 12. Estadísticas de muestras emparejadas

Tabla 13. Correlaciones de muestras emparejadas

Tabla 14. Prueba T de muestras emparejadas

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Temperaturas Ambiente de la ciudad de Chiclayo
- Figura 2. Sistema Eléctrico Híbrido
- Figura 3. Sistema Solar Fotovoltaico ON GRIP
- Figura 4. Sistema Solar Fotovoltaico OFF GRIP
- Figura 5. Panel Solar Fotovoltaico
- Figura 6. Inversor de Corriente
- Figura 7. Regulador de Carga
- Figura 8. Conexión de Paneles Solares
- Figura 9. Rotores de Eje Horizontal
- Figura 10. Rotores de Eje Vertical
- Figura 11. Partes del Aerogenerador
- Figura 12. Sistema Eléctrico Híbrido
- Figura 13. Sistema Híbrido por la noche
- Figura 14. Tabla de Recolección de Datos
- Figura 15. Cuadro Estadístico de Consumo Anual 2020
- Figura 16. Recibo de la facturación del mes de agosto del 2020
- Figura 17. Recibo de la facturación del mes de mayo del 2023
- Figura 18. Cuadro estadístico de consumo anual 2023
- Figura 19. Ubicación de la casa en estudio
- Figura 20. Coordenadas Geográficas de la casa en estudio
- Figura 21. Valores de Irradiación y velocidad del Viento de las área en estudio
- Figura 22. Conexión de los Paneles solares
- Figura 23. Características del Panel solar Yingli 250 Wp
- Figura 24. Calibres de Cables Eléctricos THW-90 (AWG-MCM)
- Figura 25. Gráfico de la Demanda y Generación Híbrida de Energía
- Figura 26. Costos de Equipos Eléctricos y Electrónicos
- Figura 27. Costo Total incluye la instalación
- Figura 28. Flujo de caja proyectado en 20 años

## INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un tema de suma importancia; resulta inimaginable vivir sin ella, ya que la comodidad y la practicidad son necesidades actuales en esta época. La energía renovable está cobrando cada vez más relevancia en Perú y en el mundo, con la energía solar y eólica como fuentes fundamentales. A pesar de ello, no se reconoce que esta energía constante y fluida está presente en todos los aparatos del hogar y del exterior. Por esta razón, es necesario desarrollar tecnologías, leyes y normas para reducir la facturación mensual de las casas, especialmente en Perú y en el mundo. El costo de electricidad de las empresas concesionarias es variable y tiende a aumentar cada año en los recibos, debido a las políticas del estado, siendo su representante máximo en Perú el Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

De acuerdo con el censo de empadronamiento del INEI 2013, en Chiclayo, específicamente en el distrito de La Victoria, hay aproximadamente 17,448 viviendas familiares, que se dividen en casas que consumen más de 100 kWh y casas con consumos inferiores a 100 kWh mensuales, con una tendencia al alza cada año.

Para reducir la facturación de las casas del distrito de La Victoria, se realizará un estudio de un sistema de generación híbrido que tenga eficiencia energética, de modo que pueda existir un ahorro de dinero en la facturación mensual, sea sostenible en el tiempo y no contamine el medio ambiente. Se aprovechará la irradiación de la zona para generar energía eléctrica para la casa y así combinar un sistema eléctrico de fuentes renovables y convencional (Electro Norte).

El sistema estará conformado por 6 paneles solares de 250 Wp, un controlador/inversor híbrido de la marca Huawei Solar de 2 kW. El sistema fotovoltaico está diseñado para operar 8 horas durante el día a una tensión de 48 Vdc. El resto del día, cuando el sol se oculte, el inversor conmuta automáticamente al aerogenerador de 1.2 kW y, ante una pérdida del suministro de energía renovable, el Tablero de Transferencia Automática (TTA) alimentará desde la red de la concesionaria para suplir las cargas. Esto se aplicará durante todo el año, tomando como referencia para el cálculo el mes de menor irradiación y viento del año, para asegurar que el servicio de energía sea constante y confiable.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 1.1 Planteamiento y formulación del Problema

Desde una perspectiva nacional e internacional, se proyecta que la energía solar y eólica aumentará en popularidad y aplicabilidad en todo el mundo, incluyendo Perú, a medida que su eficiencia mejora cada año y más hogares las instalan. Aunque se reconoce que la tecnología aún es costosa, se predice que los costos tenderán a disminuir. Algunas personas prefieren esperar a que los precios de los paneles solares bajen más, pero este es el momento ideal para la aplicación de un sistema fotovoltaico, permitiendo obtener beneficios económicos, salvaguardar el medio ambiente y aumentar la potencia en la producción de energías renovables.

Este tipo de energía forma actualmente parte de nuestra matriz energética peruana, donde se están desarrollando proyectos energéticos de fuentes renovables no convencionales. El estado peruano ha intervenido y ha establecido una prima RER de compensación para energías renovables, permitiendo que estas puedan competir con las fuentes de energía convencional. Las centrales de energía renovable no convencional no tienen potencia firme, a diferencia de las centrales convencionales, que tienen potencia y energía firmes. Las centrales fotovoltaicas solo suministran energía durante las horas de sol. La prima RER hace más atractivos estos proyectos para los empresarios, y cada vez se está tomando más interés en incorporar las centrales RER a nuestra matriz energética. Frente a otros países de Sudamérica, Perú está implementando muy bien las RER en su matriz energética, avanzando hacia la transición energética hacia las energías renovables y la descarbonización del sector eléctrico, que es el objetivo a largo plazo.

Actualmente, la energía eléctrica debería ser un tema de estado y no de gobierno, ya que los gobiernos terminan, pero el estado continúa. Se deben realizar políticas de estado y elaborar una hoja de ruta a largo plazo con objetivos a corto, mediano y largo plazo para diversificar más nuestra matriz energética, considerando que las energías renovables son sostenibles en el tiempo debido a que su fuente es inagotable. Las continuas fluctuaciones en el costo eléctrico en nuestro país son perjudiciales y problemáticas para las familias peruanas, que son los usuarios regulados. Se busca utilizar energía

proveniente del sol mediante paneles fotovoltaicos, así como energía eólica mediante aerogeneradores, para tender a disminuir los aumentos en los precios.

Aunque en nuestro país el marco normativo de generación distribuida no está aprobado, ya sea por temas políticos y considerando que nuestras redes no están en capacidad de recibir la energía excedente de los pequeños generadores (las casas), esto podría ser aún más beneficioso para las familias peruanas. Por lo anterior, hay personas que se han convencido de que el momento de instalar sistemas fotovoltaicos es ahora, ya sea en sistemas aislados o en combinación con otro sistema de generación eléctrica. Así que ahora es el momento de aprovechar el sol y toda la energía que proporciona a la Tierra (Powen, 2024).

Chiclayo se sitúa en un ambiente tropical, con una ubicación cercana al Ecuador. Su clima es caluroso, seco, con pocas lluvias, y con vientos muy fuertes llamados "ciclones". En los meses de verano, la temperatura aumenta y las playas como Puerto Eten y Pimentel toman protagonismo. Cada cierto tiempo (7, 10, 15 años), se presentan altas temperaturas que registran hasta 35°C, originadas por el Fenómeno del Niño. Durante este fenómeno, en 1998, se registraron 100 mm de lluvia diaria (Wikipedia, s.f.).

Actualmente, la producción energética en Perú proviene de hidroeléctricas, térmicas y, ahora, del gas natural, que tiene un impacto significativo en el mercado eléctrico, siendo las centrales térmicas las mayores consumidoras de este recurso. Esto ha generado un tema legal entre las generadoras hidroeléctricas y térmicas, donde los intereses juegan un papel determinante en su aplicación.

Los países en vías de desarrollo sufren de contaminación constante, ya que los desechos son generados principalmente por actividades industriales y cotidianas. Sin embargo, a pesar de la crisis ecológica, no se implementan políticas de regulación con un enfoque en el medio ambiente. Por ende, esta investigación busca brindar una solución a la contaminación ambiental producto de fuentes tradicionales de generación energética (Wikipedia, s.f.).

**Tabla 1.**

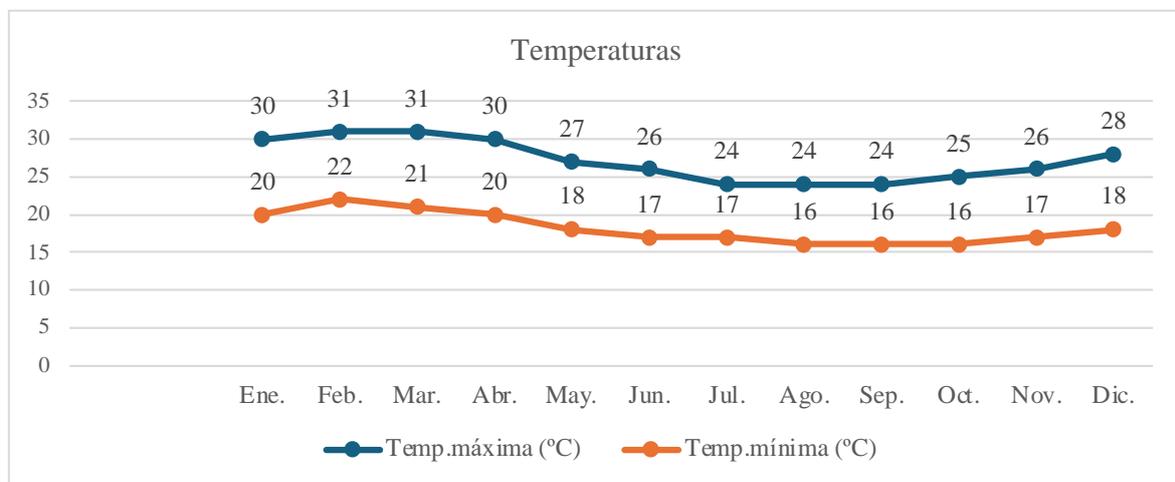
*Temperaturas Ambiente de la ciudad de Chiclayo*

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
TEMP. MÁX (°C)	30	31	31	30	27	26	24	24	24	25	26	28
TEMP. MÍN (°C)	20	22	21	20	18	17	17	16	16	16	17	18

*Nota.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2020)

**Figura 1.**

*Temperaturas Ambiente de la ciudad de Chiclayo*



*Nota.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2020)

**Tabla 2.**

*Velocidad del Viento de la ciudad de Chiclayo*

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
VELOCIDAD VIENTO (m/s)	6.22	5.61	4.88	6.63	6.38	5.80	5.22	6.66	6.66	6.94	7.22	7.77

*Nota.* WeatherOnline España, Pronósticos de viento (2024)

El distrito de La Victoria se encuentra en una zona con alta radiación solar, sin riesgo de disminución en la eficiencia de las celdas solares debido a las altas temperaturas. Los factores que, en mi opinión, retrasan la difusión de la energía solar son los bajos ingresos, el escaso conocimiento, la limitada disponibilidad de crédito y la falta de apoyo gubernamental para masificar su implementación a menor escala.

Es crucial invertir en tecnología de Energías Renovables No Convencionales (RER) ya que es rentable y sostenible. En mi criterio, es necesario dejar de subsidiar fondos como el FISE, que nos hará dependientes del gas GLP, un hidrocarburo no renovable y contaminante. El subsidio del estado en energías RER representaría la solución técnica y económica más rentable para extender el sistema eléctrico, en contraposición a los monopolios de concesionarios de energía eléctrica. Estas concesionarias, a menudo extranjeras, elevan los costos del kWh, que terminan pagando las familias peruanas o usuarios regulados. Las RER benefician a las viviendas urbanas y rurales que a menudo están aisladas del sistema eléctrico convencional.

Es cierto que los sistemas fotovoltaicos no serán una solución definitiva, pero son la opción más efectiva para los domicilios con alto consumo. La instalación de estos sistemas en poblaciones urbanas, como el distrito de La Victoria, permitirá disminuir el costo del recibo mensual de la vivienda. Los costos por kWh consumidos tienden a aumentar cada año. Tomando como referencia el recibo de la vivienda en estudio del año 2017, con la tarifa BT5B y el código de suministro 25300704 de la empresa Electro Norte (ENSA), el costo del kWh para el usuario regulado era de S/ 0.5167 por kWh consumido. En el 2020, el costo ha aumentado a S/ 0.620 por kWh consumido.

## **1.2 Formulación del Problema**

### ***1.2.1 Problema General***

¿Puede la generación eléctrica híbrida reducir la facturación mensual de energía eléctrica para los usuarios regulados con consumos mayores a 100 kWh en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo?

### ***1.2.2 Problemas Específicos***

- ¿Cómo es la facturación mensual del año 2023 de una casa en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, que no cuenta con un sistema de generación híbrida?
- ¿Cómo es la facturación mensual del año 2023 de una casa en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, ¿con un sistema de generación híbrida?

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Determinar si la generación eléctrica híbrida reduce la facturación mensual de energía para los usuarios regulados con consumos mayores a 100 kWh mensuales en el distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Mostrar la facturación mensual del año 2023 de una casa en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, que no cuenta con un sistema de generación híbrida.
- Revelar la facturación mensual del año 2023 de una casa en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, con un sistema de generación híbrida.

## **1.4 Justificación**

### ***1.4.1 Justificación Teórica***

Los cálculos desarrollados en el capítulo 4 sobre los kWh mensuales consumidos, a partir del recibo de la vivienda modelo, permiten proponer un sistema eléctrico híbrido que reducirá la facturación mensual para consumos mayores de 100 kWh en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo.

La propuesta consiste en un sistema eléctrico híbrido que combina la red convencional con la energía fotovoltaica y eólica, con el objetivo de reducir el cobro mensual de la facturación eléctrica para consumos mayores de 100 kWh en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo.

### ***1.4.2 Justificación Metodológica***

La propuesta de un sistema de generación eléctrica híbrido, que combina la energía convencional de la red con energía solar y eólica, permitirá disminuir la facturación mensual eléctrica para consumos mayores de 100 kWh en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo.

### ***1.4.3 Justificación Práctica***

Ubicados en las instalaciones de una casa con N.º de suministro 25300704, tarifa BT5B-residencial, con una potencia contratada de 0.6 kW y un nivel de tensión de 220 Vac monofásica en el distrito de La Victoria, se propone la implementación de módulos fotovoltaicos y un aerogenerador

integrados con la red de distribución energética para optimizar los costos y reducir la contaminación ambiental, aprovechando la energía renovable.

Se verificó la cantidad de energía eléctrica consumida mensualmente en el domicilio, de acuerdo con los datos estadísticos del recibo N° S251-40803858 de agosto de 2020. Se constató que en agosto se consumieron 172 kWh y que entre agosto de 2019 y agosto de 2020 se tuvo un consumo promedio anual de 166 kWh. El costo del kWh en 2019 era de S/ 0.5927 y en 2020 subió a S/ 0.620, observándose un aumento anual en el costo del kWh. Identificando la cantidad de energía que el domicilio consume, se calcularon los módulos fotovoltaicos necesarios para reemplazar ese nivel de energía, requiriéndose 20 módulos fotovoltaicos de 250W cada uno, además del aerogenerador necesario para complementar la energía requerida, ya que los módulos fotovoltaicos solo entregan energía durante el día.

Los módulos fotovoltaicos y aerogeneradores, en consonancia con el enfoque verde de las industrias, buscan optimizar los costos de producción mediante estrategias alternativas para generar energía orgánicamente a través del sol, agua o viento.

En el siglo XXI, la responsabilidad ha sido reenfocada no solo hacia la implementación de soluciones que mejoren la productividad o la utilidad dentro de una industria, sino también hacia la incorporación de una responsabilidad social, procurando no causar daño al medio ambiente y, en muchos casos, mejorar su calidad orgánica.

## **1.5 Hipótesis**

### ***1.5.1 Hipótesis General***

El sistema de generación eléctrica híbrido permite reducir significativamente la facturación mensual de energía eléctrica para los usuarios regulados cuyos consumos mensuales superen los 100 kWh en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo.

### ***1.5.2 Hipótesis Específicas***

- La facturación mensual del año 2023 de una casa en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, que no cuenta con un sistema de generación híbrida es alta.

- La facturación mensual del año 2023 de una casa en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, con un sistema de generación híbrida es baja.

### ***1.5.3 Operacionalización de Variables***

Las variables de esta investigación se clasifican en variable dependiente y variable independiente, y se designan de la siguiente manera:

**Variable.** Generación eléctrica híbrida para reducir la facturación mensual.

**Definición conceptual.** Sistema de producción de energía que combina dos o más fuentes de energía diferentes, como la solar, eólica, hidroeléctrica, entre otras, para suministrar electricidad de manera más eficiente y sostenible. Este enfoque busca aprovechar las fortalezas de cada fuente de energía para maximizar la producción total de energía y minimizar los costos asociados.

**Definición operacional.** Sistema de producción de energía que combina múltiples fuentes de energía renovable, como paneles solares, aerogeneradores y posiblemente otras, para suministrar electricidad de manera eficiente y sostenible. Este sistema se implementa con el objetivo específico de reducir los costos de electricidad asociados con el consumo residencial o comercial. Su efectividad se evalúa utilizando indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Tiempo de Retorno de la Inversión (PAY BACK) y la Rentabilidad Financiera (ROE). Además, se monitorea la potencia instalada y la energía generada por el sistema para asegurar que sean adecuadas para cubrir la demanda eléctrica del usuario y, por ende, contribuir a la reducción de la facturación mensual.

**Tabla 3.***Matriz de Operacionalización de Variables*

VARIABLE	DIMENSIÓN	SUBDIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS
Facturación mensual de energía eléctrica.	Consumo y Costos	Consumo de energía y costos asociados	Consumo de kWh/mes	Registro mensual del consumo de energía eléctrica en kilovatios-hora.
			Costo por kWh (S/)	Tarifa por kilovatio-hora aplicada en la facturación mensual.
			Aporte FOSE Ley 27510	Contribución aplicada a la facturación mensual en cumplimiento de la Ley 27510 para el Fondo de Operaciones de Suministro de Energía Eléctrica.
			Aporte ER Ley 28749	Contribución aplicada a la facturación mensual en cumplimiento de la Ley 28749 para el Fondo de Electrificación Rural.
			Mantenimiento / Alumbrado Público / Otros	Costos adicionales asociados al mantenimiento, alumbrado público u otros conceptos presentes en la facturación mensual.
			Subtotal por mes (S/)	Total calculado antes de aplicar el IGV.
			IGV	Impuesto General a las Ventas aplicado sobre el subtotal mensual.
			Total por mes (S/)	Total final a pagar por concepto de facturación eléctrica en el mes.
Generación de energía eléctrica híbrida	Generación de energía y Consumo	Sistema de generación híbrida y consumo asociado	Consumo de la casa (kWh/mes)	Consumo mensual de energía eléctrica de la casa.
			Producción del Sistema Híbrido (kWh/mes)	Generación mensual de energía eléctrica por parte del sistema híbrido.
			Consumo de Concesionaria kWh/mes	Consumo mensual de energía eléctrica suministrada por la empresa concesionaria.
			Costo por kWh (S/)	Tarifa por kilovatio-hora aplicada en la facturación mensual.
			Aporte FOSE Ley 27510	Contribución aplicada a la facturación mensual en cumplimiento de la Ley 27510 para el FOSE.

			Aporte ER Ley 28749	Contribución aplicada a la facturación mensual en cumplimiento de la Ley 28749 para el Fondo de Electrificación Rural.
			Mantenimiento / Alumbrado Público / Otros	Costos adicionales asociados al mantenimiento, alumbrado público u otros conceptos presentes en la facturación mensual.
			Subtotal por mes (S/)	Total calculado antes de aplicar el IGV.
			IGV	Impuesto General a las Ventas aplicado sobre el subtotal mensual.
			Total por mes (S/)	Total final a pagar por concepto de facturación eléctrica en el mes.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del Problema

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

En la investigación titulada *Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca*, se calculó el sistema fotovoltaico para proporcionar sombra en un estacionamiento en esa institución. Se utilizó la metodología de irradiación para identificar la viabilidad de utilizar los paneles solares en relación con la demanda energética de la UTS, el consumo energético de los equipos y censar de manera horaria la cantidad de elementos participantes en la operación. Se concluyó que el estacionamiento es un lugar propicio para implementar los paneles y la viabilidad del sistema será evidenciada a través del estudio socioeconómico (Ramos y Luna, 2014).

Por otro lado, en el trabajo de investigación *Cálculo y Diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico*, se detalló el aprovechamiento solar de paneles fotovoltaicos para generar electricidad en domicilios con elevado consumo. Se utilizó una metodología basada en la norma gubernamental, buscando el mayor beneficio del proyecto y su viabilidad (Cardozo Peña, 2014).

Además, en el estudio *Análisis, modelado, simulación y validación de un sistema de generación de energía solar autónomo*, se presentó como objetivo modelar y validar un sistema energético-solar con los instrumentos de la universidad para desarrollar futuros trabajos de igual alcance. Se analizaron las ventajas de la energía fotovoltaica y los procesos actuales de generación eléctrica. Se concluyó que existe falta de apoyo estatal y financiero para implementar nuevas alternativas a gran escala, limitando su ámbito a un sector menor (Díaz y Díez, 2007).

En la investigación *Diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico de bajo consumo para uso domiciliario en comunidades rurales fuera del sistema interconectado nacional*, se planteó diseñar un sistema para uso domiciliario. Se utilizó una metodología para visualizar la viabilidad de este sistema como alternativa, con una inversión de 1355 dólares por hogar. Se concluyó que, a corto plazo, genera rentabilidad en ahorro de energía y no contamina el medio ambiente (González y Velázquez, 2016)

Por último, en el estudio *Límites y barreras a la generación de electricidad por energías renovables. Propuestas para facilitar el desarrollo de la energía solar en la República Argentina*, se detallaron los obstáculos evidenciados en el desarrollo de proyectos energéticos y se propusieron estrategias para su viabilidad. Se utilizó la metodología de irradiación para identificar la viabilidad de implementar paneles solares, concluyendo que una zona ideal sería el estacionamiento y que el estudio socioeconómico comprueba la factibilidad de este sistema (Marzan, 2011).

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

En el estudio titulado *Análisis de los factores que influyen en el diseño de una planta fotovoltaica de 40 MW ubicada en el Valle del Mantaro*, se tuvo como objetivo analizar el clima, los factores técnicos y económicos del Valle del Mantaro para explicar su incidencia en una planta fotovoltaica. Se utilizó una metodología de correlación, aplicada, y diseño experimental (D'Angles, 2020).

Asimismo, en el estudio con título *Proceso de Generación de Energía Eléctrica a partir de Energía Solar para uso Industrial. Caso: Planta de Secado de Mineral No Metálico*, se tuvo como objetivo implementar la generación eléctrica solar en una industria. Se utilizó la metodología de modelamiento, realizando cálculos basados en el consumo mensual y datos de radiación solar provenientes de la NASA, determinándose 0.04461 como factor de energía. Se concluyó que se requieren 243 paneles fotovoltaicos de 260W y 216 baterías de 24 Vdc (Bellota Sánchez, 2018)

En la tesis titulada *Dimensionamiento de un sistema de generación solar fotovoltaica para electrificar el caserío Cuñish Grande ubicado en San Luis, San Pablo, Cajamarca*, se tuvo como objetivo redimensionar el sistema para brindar electricidad. Se evaluó el diseño eléctrico junto con sus riesgos y ventajas, elaborando el sistema fotovoltaico domiciliario y concluyendo que el suministro mejoró significativamente la calidad de vida del poblado en aspectos sociales y productivos (Aguilar Panta, 2018).

En el estudio *Factibilidad de la Interconexión de la Central de Generación Fotovoltaica de 10 kW al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para Aumentar la Confiabilidad de la Energía en Jaén, Cajamarca*, se tuvo como objetivo detallar la viabilidad de interconectar una central fotovoltaica

al sistema eléctrico en esa localidad. Se utilizó una metodología descriptiva y transversal, empleando la observación y revisión documental. Se concluyó que la radiación en este lugar (3.46 kWh/m<sup>2</sup> - 5.68 kWh/m<sup>2</sup>) y el costo de inversión (S/ 38830) producirían un ingreso anual de S/ 5512. El VAN es S/ 1149 y el TIR 13.59% (Cieza Zurita, 2019).

En la tesis titulada *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica en la institución educativa N°287 de la comunidad nativa Villa Gonzalo, distrito Río Santiago, provincia Condorcanqui, departamento de Amazonas*, se buscó diseñar un sistema para generar energía eléctrica. Se utilizó la metodología deductiva, concluyendo que el sistema propuesto es factible tanto técnica como económicamente para la institución educativa Villa Gonzalo. Los equipos utilizados fueron 8 paneles solares de 320 Wp, 12 baterías de gel 225 Ah/12 Vdc, y 1 inversor de onda pura C48/3000 W 230V/60Hz (Correa y Gonzáles, 2018).

En la tesis *Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas*, se tuvo como objetivo optimizar el sistema solar fotovoltaico, evaluando la radiación solar. Se utilizó una metodología sistémica y experimental, considerando los componentes de manera interrelacionada, y se llegaron a resultados de ocho combinaciones o tratamientos (Clemente de la Cruz, 2014).

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

En el estudio *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para las instalaciones eléctricas de alumbrado en el Hostal Lancelot ubicado en Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque*, se buscó diseñar un sistema de alumbrado. Se utilizó una metodología basada en el cálculo del alumbrado (2,48 kW). Se obtuvo la radiación solar mensual promedio de SENAMHI (4,50 kWh/d) y NASTEC (65 kWh/d), alcanzando como resultado que 138 lámparas (18 W) consumen (17,39 kWh/d). Para la implementación se utilizaron 24 paneles, dos controladores Blue Solar, un inversor Victron y 24 baterías (Cieza Coronado, 2017).

Por otro lado, en la investigación *Dimensionamiento de un sistema eólico-fotovoltaico para electrificar el caserío La Unión en el distrito de Jayanca, Lambayeque*, se planteó como objetivo el diseño del sistema, empleando una metodología descriptiva. La energía promedio de este local fue de

(13,995 kWh). SENAMHI reportó (4,75 kWh/m<sup>2</sup>/día) y SOLARIUS PLUS (4,72 kWh/m<sup>2</sup>/día). Se determinó mayo como el mes crítico para implementar este sistema y se consultaron datos meteorológicos de FIME (Zeña Inoñan, 2019).

En *Análisis para la dotación de energía fotovoltaica para autoconsumo de la Institución Educativa Cristo Rey Chiclayo*, se orientó a aplicar el sistema en el colegio. Se utilizó una metodología de muestreo no experimental, concluyendo que se implementaron 36 paneles solares marca Jinko (320 Wp) y un inversor Symo marca Fronius, logrando así reducir la contaminación (Barboza Cueva, 2019).

En el estudio *Microgeneración fotovoltaica con el software PVSYST en el centro poblado San Marcos – Lambayeque*, se utilizó una metodología de observación y entrevista para detallar la cantidad de habitantes por hogar y equipos necesarios. Se concluyó que el generador fotovoltaico, compuesto por 27 paneles fotovoltaicos en 9 ramas en paralelo, un controlador STUDER VARIO TRACK y un banco de baterías marca ROLLS, logró una reducción anual de 1,11% (Córdova Chapoñan, 2019).

En el *Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica para riego de arroz en el Predio Los Rojas, ubicado en el distrito de Yuracyacu, provincia de Rioja, departamento de San Martín*, se mantuvo como objetivo identificar la viabilidad de aplicar un sistema de bombeo para evitar el riesgo en el cultivo de arroz en esa localidad. Se seleccionaron la electrobomba y el sistema fotovoltaico como metodología para mejorar la rentabilidad (Calderón Buelot, 2020).

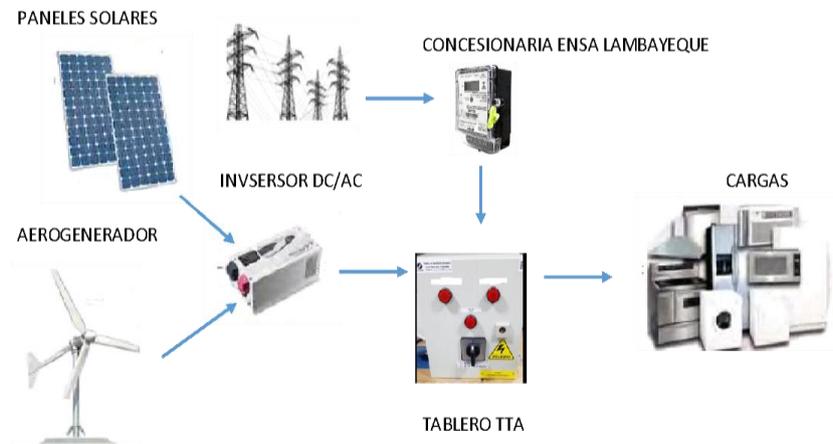
## **2.2 Bases Teóricas del Problema**

### **2.2.1 Sistema de Generación Eléctrica Híbrido**

**Definición.** Estos sistemas producen electricidad a partir de dos o más fuentes, usualmente renovables, que comparten la misma conexión. La energía vertida no debe sobrepasar ese límite. Así pues, una planta de generación híbrida utiliza energía fotovoltaica cuando hay sol u otras fuentes siempre y cuando las condiciones lo permitan, garantizando un suministro estable.

**Figura 2.**

*Sistema Eléctrico Híbrido*



**Características.** El almacenamiento es un requisito común en los sistemas de energía no convencionales. La generación constante depende del recurso y su disponibilidad; por lo tanto, es necesario almacenar la energía en baterías de inmediato para su aprovechamiento posterior.

**Tipos de Energía Híbrida.** Los más comunes son: fotovoltaica + eólica, fotovoltaica + hidráulica, hidráulica + eólica y termosolar + biomasa.

**Componentes.** Las plantas de generación híbrida pueden añadir tecnología de un módulo de otra fuente para crearse desde cero. Este tipo de sistemas son útiles para suministrar energía eléctrica en zonas urbanas con red eléctrica o de difícil acceso, ya que necesitan baterías para almacenar energía y hacer la conmutación automática cuando las baterías estén a un cierto porcentaje de descarga. Los sistemas híbridos tienen un sistema de acumulación energética. Esto es necesario porque las baterías proporcionan energía durante el día, y cuando se agotan, el regulador de carga conmuta automáticamente y la red funcional entra en funcionamiento hasta que las baterías se recargan (Correa y Gonzáles, 2018).

El sistema híbrido en estudio estará vinculado a la red convencional. Durante el día, los paneles solares abastecerán de energía al usuario, y por las noches, un aerogenerador suministrará energía durante gran parte de las horas punta (de las 18 a las 23 horas). Este sistema de generación híbrida estará vinculado a la red eléctrica mediante un tablero automático, para hacer frente a posibles fallas o caídas de tensión del sistema de generación híbrida.

Además, no se contará con baterías de almacenamiento debido a su alto costo. Se busca disminuir la facturación mensual del usuario y aprovechar este sistema para satisfacer la demanda del usuario en las horas de mayor consumo de la vivienda o establecimiento.

**Dimensionamiento y Diseño del Sistema Fotovoltaico.** El sistema fotovoltaico está conformado por dos sistemas de generación: fotovoltaico y eólico, integrados a través de un Tablero de Transferencia Automática (TTA). Este sistema híbrido está conectado a la red eléctrica de la concesionaria Electro Norte S.A. (ENSA) de Chiclayo, que tiene la obligación de distribuir energía eléctrica en Lambayeque.

**Sistema Solar Fotovoltaico de Generación.** Este sistema se basa en aprovechar la luz o radiación solar a través de paneles que la convierten en electricidad. Esto se produce mediante materiales P y N, enviando la corriente al almacenamiento, a la carga y al inversor de corriente. Cabe resaltar que el regulador funciona en base a la demanda, como se muestra en la Figura 3 (Correa y Gonzáles, 2018).

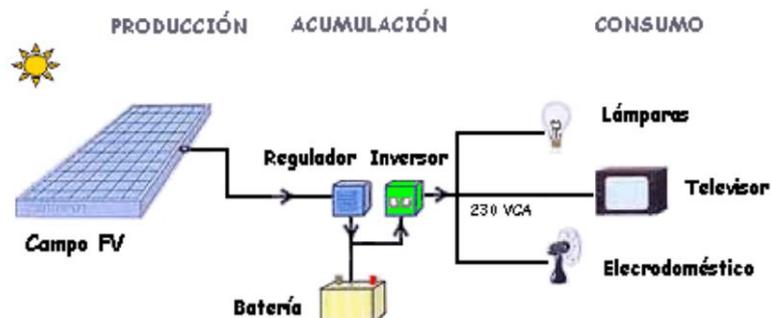
**Figura 3.**

*Sistema Solar Fotovoltaico ON GRIP*



**Figura 4.**

*Sistema Solar Fotovoltaico OFF GRIP*



**Panel Solar Fotovoltaico.** Compuesto por celdas, que emplean un efecto fotovoltaico (carga positiva y negativa) en dos semiconductores (tipo P y N), generando energía en un campo eléctrico, como se observa en la Figura 5.

**Figura 5.**

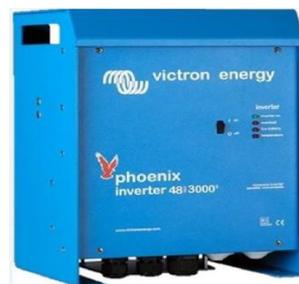
*Panel Solar Fotovoltaico*



**Inversor de Corriente.** Propicia la conversión de la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Estos dispositivos logran un cambio de polaridad, dependiendo de si el sistema de generación está conectado o aislado de la red. Para los sistemas conectados a la red, se emplean inversores de conmutación natural, ya que la conducción es determinada por la red. En cambio, si el sistema es aislado, se utilizan inversores forzados, pues generan CA independientemente.

**Figura 6.**

*Inversor de Corriente*



**Regulador de Carga.** Protege la batería de sufrir sobrecarga, pues monitorea la tensión del banco de baterías. Interrumpe el proceso cuando se llena completamente la batería. Cuando se utiliza el sistema nuevamente vuelve a funcionar el regulador.

**Figura 7.**

*Regulador de Carga*



(a) **Determinar el Consumo Medio Diario.**

$$Lmd \text{ (Wh/día)} = 1.1 \left( \frac{Ldc}{\eta_{bat}} + \frac{Lac}{\eta_{bat} + \eta_{inv}} \right) * \left( \frac{1}{\eta_{cond}} \right)$$

(Correa y Gonzáles, 2018)

**Donde:**

Lmd : Consumo Medio Diario (Wh/día)

Ldc : Consumo de Energía diario de las cargas en continua (Wh/día)

Lac : Consumo de Energía diario de las cargas en alterna (Wh/día)

$\eta_{bat}$  : Rendimiento de la baterí

$\eta_{inv}$  : Rendimiento del inversor

$\eta_{cond}$  : Rendimiento del conductor

(b) **Determinar la Radiación de la Zona.** Se ubicó la ciudad de la Victoria, provincia Chiclayo a través de Google Maps. Se utiliza el software PVsyst 7.1 para determinar la Irradiación solar en la casa. Se obtuvieron datos del software PVsyst de la irradiación de la casa; este software indica el *azimut* y ángulo de inclinación para el montaje de los paneles.

(c) **Calcular el Número de Paneles de la Casa.**

$$Ntp = \frac{Lmd}{Pmpp + HSPcrit + PR}$$

(Correa y Gonzáles, 2018)

Ntp : Número Total de Paneles

Pmpp : Potencia Pico del panel solar

HSPcrit: Horas Pico Sol del mes crítico

PR : Factor global de funcionamiento que varía entre 0.85 y 0.95. Como norma general se escoge su rendimiento general del 90%, por lo que usaremos 0.90

$$N_{serie} \geq \frac{V_{sist}}{V_{mpp}}$$

(Correa y González, 2018)

$N_{serie}$  : Número de Paneles conectados en serie

$V_{sist}$  : Tensión del sistema

$V_{mpp}$  : Tensión del módulo a potencia máxima

$$N_{paralelo} = \frac{N_{pt}}{N_{serie}}$$

(Correa y González, 2018)

$N_{pt}$  : Número Total de Paneles.

**(b) Conexión de los Paneles de la Casa.** La conexión puede ser en serie o paralelo o una combinación se muestra un ejemplo de la conexión mixta de 6 paneles que están conectados dos en serie y 3 en paralelo.

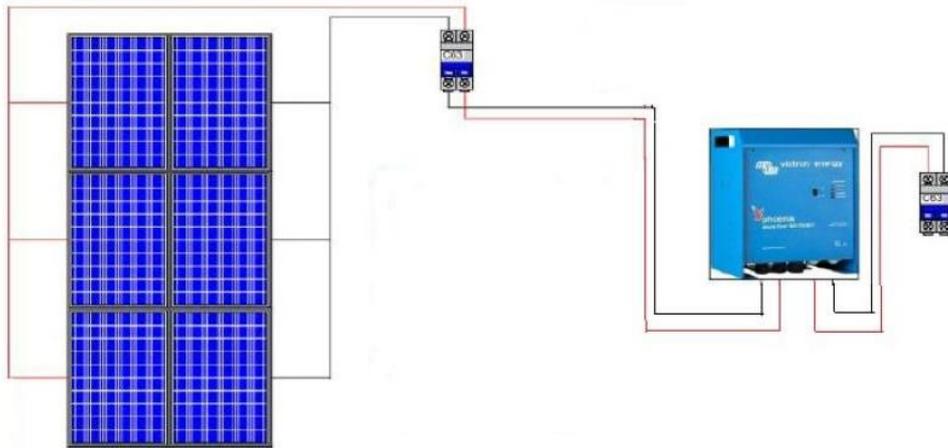
$N_{pt}$  : 6

$N_{serie}$  : 2

$N_{paralelo}$  : 3

**Figura 8.**

*Conexión de Paneles Solares*



**(c) Calcular la Corriente de Entrada del Controlador.**

$$I_{ent}(A) = F_s * I_{sc} * N_{paralelo}$$

*(Correa y González, 2018)*

- $I_{ent}$  : Corriente a la entrada del controlador (A)  
 $I_{sc}$  : Corriente en cortocircuito del panel solar (A)  
 $F_s$  : Factor de seguridad ( $F_s=1.25$ )

**(d) Calcular la Potencia del Inversor.**

$$P_{int}(W) = F_s * P_{ac}$$

*(Correa y González, 2018)*

**Donde:**

- $P_{int}$  : Potencia del Inversor (W)  
 $P_{ac}$  : Suma de la potencia en alterna de los equipos (W)

**(e) Calcular Calibre del Conductor.**

$$S(mm)^2 = 2 * \left( \frac{L * I}{k * V_{sist} * \%V} \right)$$

*(Correa y González, 2018)*

**Donde:**

- $S$  : Sección del conductor ( $mm$ )<sup>2</sup>  
 $L$  : Longitud del cable (m)  
 $I$  : Intensidad de corriente (A)  
 $k$  : conductividad del cobre a temperatura ambiente ( $56m/ohm (mm)^2$ )  
 $V_{sist}$  : Voltaje del sistema (V)  
 $\%V$  : Caída de tensión admisible

**(f) Energía Generada por los Paneles Solares.**

$$E_g = P_{mpp} * HSP_{critico} * PR$$

*(Correa y González, 2018)*

**Donde:**

- $E_g$  : Energía generada por los paneles solares  
 $P_{mpp}$  : Potencia generada por los paneles solare  
 $HSP$  : Horas solar pico en el mes critico (3.51HPS)

PR : Factor global de funcionamiento

**Dimensionamiento y Diseño del Sistema Eólico.** Está compuesto por sistemas de generación eólico y fotovoltaico, y a través de un TTA conectado al sistema híbrido, conmutará con la red eléctrica de la concesionaria ENSA Chiclayo, que tiene la responsabilidad de distribuir energía eléctrica en el departamento de Lambayeque.

*(a) Sistema Eólico de Generación.* Este sistema mecánico rota el generador y convierte esa energía rotacional en energía eléctrica.

*(b) Tipo de Energía Eólica.* Se divide en dos modelos: el modelo de producción de energía eólica en tierra (onshore) y el modelo fuera de tierra (offshore), que se refiere al ambiente marítimo.

*(c) Tipo de Aerogeneradores.* Se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Tipos de Aerogeneradores*

<b>Según eje de trabajo</b>	Aerogeneradores de eje vertical
	Aerogeneradores de eje horizontal
<b>Según el número de palas</b>	Aerogeneradores multipala
	Aerogeneradores rápidos
<b>Según la posición del rotor en la máquina</b>	Aerogeneradores de barlovento
	Aerogeneradores de sotavento
<b>Según su potencia</b>	Micro aerogeneradores
	Pequeños aerogeneradores
	Grandes aerogeneradores
	Aerogeneradores multimegavat

*(d) En función de la Potencia.*

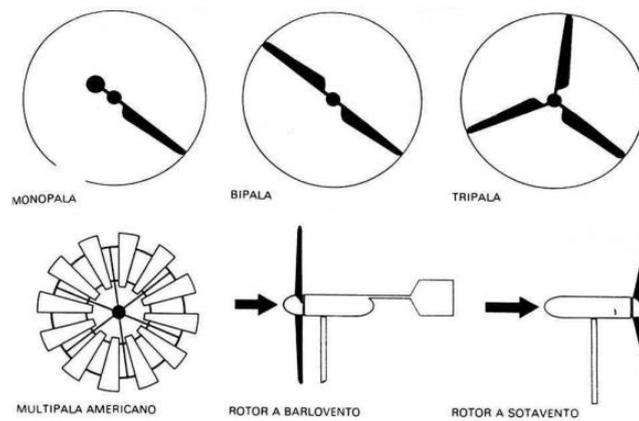
- Menores a 10 kW se clasifican como de baja potencia.
- Entre 10 kW y 100 kW se consideran de potencia moderada.
- Superiores a 100 kW se consideran de alta potencia.

*(e) En función de los Ejes.*

- Eje horizontal. Son los rotores más comunes debido a su eficiencia en el aprovechamiento de la energía del viento.
- Eje vertical. Se emplean en zonas donde el viento es inestable o variable.

**Figura 9.**

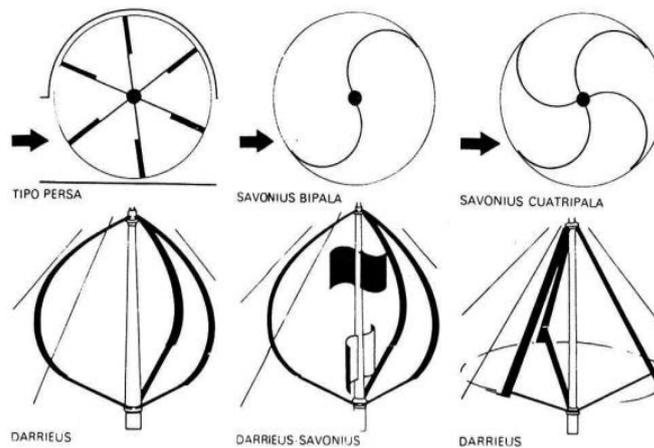
*Rotores de Eje Horizontal*



*(Hualpa Huamaní, 2011)*

**Figura 10.**

*Rotores de Eje Vertical*



*(Hualpa Huamaní, 2011)*

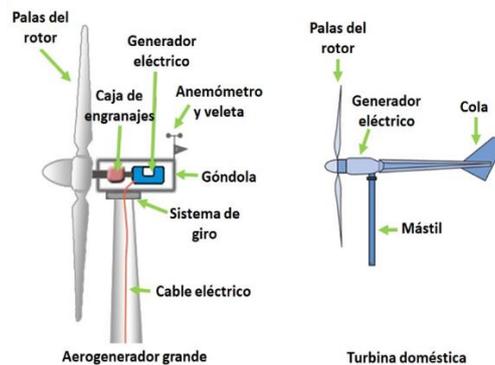
*(f) Componentes Básicos de un Pequeño Aerogenerador.* Un pequeño aerogenerador está compuesto por un rotor, un generador, una cola, una torre y cableado, junto con controladores, inversores

y baterías que conforman la parte central. La mayoría de las turbinas tienen un eje horizontal con tres palas. El rotor define la cantidad de viento entrante y la cola permite mantener la turbina perpendicular al viento.

Como norma, se sugiere colocar la turbina en una torre, ya que a mayor altura, mayor viento se recolectará, produciendo una inversión adecuada e incrementando la generación de energía. Por ejemplo, una turbina a 30 metros rinde más que una a 18 metros, con un porcentaje de rentabilidad del 25%.

**Figura 11.**

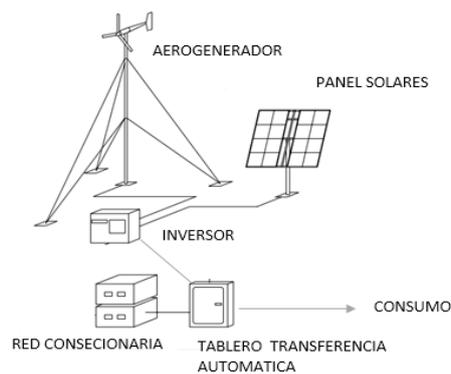
*Partes del Aerogenerador*



(Genera tu luz, 2024)

**Figura 12.**

*Sistema Eléctrico Híbrido*



(g) **Energía Producida por un Aerogenerador.** En este paso, se emplea la siguiente fórmula:

(Instituto para la  
la Energía, 2006)

$$P = \frac{1}{2} * \rho * S * V^3 \quad S = \pi r^2 \quad \text{Diversificación y Ahorro de}$$

**Donde:**

P: Potencia en Vatios (W)

$\rho$  : Densidad del Aire en  $kg/m^3$

S: Superficie o área barrida por el rotor en  $m^2$

V: Velocidad del Viento en  $m/s$

### 2.2.2 Facturación Mensual

**Definición.** De acuerdo con el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN, 2013), en el Artículo 11° del Documento N° 175-2013-OS/CD, el costo activo de energía es igual a multiplicar el consumo de energía (kWh) por el cargo unitario.

**Características.** Las características de contar con este sistema de generación híbrida son:

- El plan tarifario residencial y/o comercial no se verá afectado y no existe obligación de informar a la concesionaria sobre la implementación.
- Los costos de instalación son independientes y no se cobrarán en la facturación mensual.
- Mientras que el recibo mensual tiende a aumentar el costo del kWh cada año, este sistema híbrido tiene como objetivo reducir el pago de la factura mensual.
- El sistema híbrido reduce la dilapidación de energía activa en las viviendas y, por ende, los costos adicionales generados proporcionales al consumo de energía activa.

**Tipos.** Existen tarifas en baja tensión como BT5B, BT6B, BT5D, BT5E, BT5C, BT6, BT7 y BT8, siendo la tarifa BT5B residencial la que tienen las viviendas del distrito de La Victoria. Este sistema híbrido se puede implementar para las demás tarifas también (OSINERGMIN, 2013).

**Componentes.** Está formado por: Cargo fijo mensual; Cargo por energía activa; Cargo por reposición y mantenimiento; Alumbrado público; Aporte Ley 27510 del Fondo de Compensación Social Energética y Aporte Ley 28749 de Electrificación Rural.

El cobro se realizará según el porcentaje indicado por el OSINERGMIN y con respecto a las ventas proyectadas en un determinado periodo, que son proporcionales al costo directo del consumo del recibo mensual de energía eléctrica en las viviendas (TuContribuyes, 2024).

### **2.2.3 Base Legal**

**Definición.** Bases legales que promocionan la implementación de los sistemas híbridos:

- Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas, publicado el 16 de noviembre de 1992 (en adelante LCE).
- Decreto Supremo N° 009-93-EM, Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas, publicado el 25 de febrero de 1993 (en adelante LCE).
- Ley N° 28832, Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica, publicada el 23 de julio de 2006 (en adelante LADEGE).
- Decreto Supremo N° 064-2010-EM, Política Energética Nacional del Perú 2010-2040, publicada el 24 de noviembre de 2010.
- Decreto Legislativo N° 1221, Ley que mejora la Regulación de la Distribución para Promover el Acceso a la Energía Eléctrica en el Perú.

**Características.** En el Perú aún no se ha aprobado una Ley de Generación Distribuida, conocida desde 2015. Sin embargo, su reglamentación, prepublicada en agosto de 2018, sigue pendiente de aprobación.

De acuerdo con el Decreto Legislativo 1221, en su Capítulo 2, Artículo 20 sobre Comercialización de Energía del MCD, se establece que, si se generan excedentes de MCD en un mes, estos pasan a ser crédito para el consumo del siguiente mes. Además, clasifica a estos autoprodutores como de MCD (hasta una potencia máxima de 200 kW) y de Mediana Generación Distribuida (MGD) (hasta 10 MW).

Se debe modificar el Artículo 92 del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas para mejorar la coordinación de la Generación Distribuida por parte de las empresas distribuidoras.

A nivel nacional, es necesario que se apruebe un reglamento que desarrolle las competencias de la Ley 28832 (2006) y el Decreto Legislativo 1221 (2015). Sin embargo, la falta de un Reglamento de

Generación Distribuida prolonga la masificación de tecnologías que producen energía desde fuentes renovables.

Otra base legal que debería mejorarse, tomando en cuenta la generación distribuida de las viviendas y dando más detalles sobre las tarifas existentes, es la resolución del consejo elaborada por OSINERGMIN N° 182-2009-OS/CD. En ella, no se menciona ninguna regulación para la generación de energía renovable en las casas ni para que estas se conviertan en generadoras y envíen el exceso de energía a las redes de la concesionaria.

**Tipos.** Según el Ministerio de Energía y Minas del Perú (2018), la Generación Distribuida está clasificada y regulada en el Decreto Legislativo 1221, artículo 3, en Mediana Generación Distribuida (MGD) y Micro Generación Distribuida (MCD).

*“Régimen de operación, comercial y tarifario de la MCD*

*Artículo 19.- Condiciones de operación*

*19.1 La instalación para producir energía será para abastecer al usuario y los excedentes serán incluidos en la Red de Distribución.*

*19.2 Los aspectos técnicos son definidos por el Procedimiento.*

*Artículo 20.- Comercialización de la energía del MCD*

*20.1 Se paga peaje y cargos por consumo de energía MCD.*

*20.2 Si existen excedentes, formarán parte de un crédito a favor donde se le disminuirá el cargo de energía en los siguientes meses.*

*20.3 Si el excedente no se utiliza dentro del año, se pierde el derecho del crédito.*

*(...)*

*Régimen de operación de la MGD*

*Artículo 13.- Condiciones de operación*

*13.1 La EDE coordinará la operación de la MGD en la Red de Distribución.*

*En cumplimiento de dicha función, la EDE coordinará permanentemente con el COES los aspectos relevantes de la operación.*

*13.2 La MGD está obligada a operar sus instalaciones, seguir órdenes del coordinador y brindar información relevante para la operación de acuerdo con el Procedimiento MGD correspondiente.*

*13.3 Los criterios aplicables serán los siguientes:*

*13.3.1 La MGD debe coordinar y acatar las instrucciones de la EDE para la operación e intervención de sus instalaciones, a efectos de evitar en todo momento mermar la calidad, conservando la seguridad y confiabilidad del servicio.*

*13.3.2 La MGD contará con un medio que permita el intercambio eficiente y confiable de la información.*

*13.3.3 Los controles y protección de la EDE y de la MGD serán coordinados para efectuar la desconexión de las unidades de MGD, así como su reconexión a la red en condiciones seguras, minimizando los efectos sobre la calidad del servicio.*

*13.3.4 La MGD debe incluir funciones de lectura bidireccional para registrar las mediciones.*

*13.3.5 La MGD deberá seguir conectada en caso de régimen excepcional de frecuencia y de tensión.*

*13.3.6 La periodicidad y alcances de los programas de mantenimiento de la MGD.”*

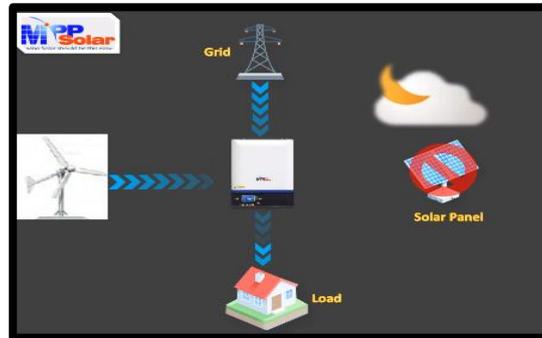
**Componentes.** Decreto supremo que modifica la Ley 25844 y la Ley 28832, aceptando el reglamento de generación y permitiendo que los usuarios regulados generen su propia energía, incrementando el uso de sistemas híbridos en casa.

En el primer título, se describen disposiciones generales. En el siguiente, se detalla el régimen de la MGD, iniciando con la vinculación con la red de distribución, seguido del régimen operativo, y el último capítulo hace referencia al régimen comercial y tarifario. En el tercero, se menciona el régimen de la MCD, primero detallando la conexión, seguido del régimen tarifario, operativo y de comercio. Finalmente, el capítulo cuatro hace referencia a supervisiones y fiscalizaciones.

La imagen mostrada a continuación ilustra el funcionamiento del sistema híbrido por la noche, ya que durante el día funcionará con los paneles solares.

**Figura 13.**

*Sistema Híbrido por la noche*



### 2.3 Definición de Términos Básicos

**Parámetros Característicos de Sistemas Fotovoltaicos.** Son los siguientes:

- Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ): Corriente en la celda cuando sus bornes están cortocircuitados, donde ( $V=0$ ).
- Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ): Tensión sin carga conectada ( $I=0$ ).
- Potencia máxima ( $P_{max}$ ): Es el máximo de la función potencia ( $P=IV$ ).
- Tensión nominal ( $V_{NomPan}$ ): Tensión establecida en su diseño.
- Eficiencia ( $\eta$ ): Razón entre la potencia máxima del módulo y la radiación sobre el panel.

**Inclinación y Orientación de los Paneles.** Los paneles solares se dirigen al sol y a los momentos del día y zonas más eficientes. De ser fijos se coloca en una orientación medianamente adecuada.

**Geometría de la Radiación Incidente en Sistemas Fotovoltaicos.** El cálculo de la radiación efectiva incluye pérdidas por reflexión y la perpendicular al plano del módulo.

**Influencia de la Atmósfera Terrestre en la Radiación Solar.** La radiación solar se encuentra influenciada por procesos de difusión, reflexión y atenuación. Las nubes en la reflexión reducen su radiación, en cambio al absorber vapor se produce una modificación espectral.

**El Efecto Fotovoltaico.** Es producido cuando la celda recepción un fotón del sol, el cual libera un electrón. De modo que se genera corriente cuando se encuentran conectados.

**Celdas Fotovoltaicas.** Los minerales semiconductores son material para su creación. El más usado refiere al silicio en su estado más puro, es por ello el encarecimiento de este proceso. Una celda mide 10x10 cm, es de color azul oscuro y genera un vatio.

**Coordenadas Solares.** Dos coordenadas son relevantes para identificar la posición del sol: altura solar y azimut solar. La Altura Solar,  $\alpha$ , ángulo que une el centro del sol con el lugar de observación y la superficie horizontal. El Azimut Solar, ángulo que une el centro de la estrella con el meridiano.

**Irradiación Solar.** Potencia radiante (Energía radiante por unidad de tiempo: E/t) en una superficie ( $W/m^2$ ).

**Irradiación Solar Directa.** Irradiación de una superficie dada por la exposición recta. Se expresa en  $W/m^2$ .

**Irradiación Solar Difusa.** Irradiación no alcanzada en la superficie por la exposición en línea recta. Se expresa en  $W/m^2$ .

**Irradiación Solar Reflejada.** La radiación proveniente de la reflexión entre la superficie y el sol. También llamada: Albedo. La irradiación es la unidad de energía expuesta en una superficie en determinado plano y tiempo. Se expresa en  $MJ/m^2$  o  $kWh/m^2$ .

**Energía Solar.** Es un potencial inagotable que permite un potencial energético más que otros medios.

**Decreto Legislativo N° 1221.** Regula la distribución de electricidad de modo que se promueva en todo el Perú.

**Decreto Ley N° 25844 (LCE).** Ley de Concesiones Eléctricas, regula actividades de generación, distribución de la electricidad.

**LEY 28832.** Regula eficiencia de energía eléctrica.

**Red de Distribución.** Instalaciones nominales  $\leq 33$  kV.

**Mediana Generación Distribuida (MGD).** Instalación con capacidad  $> 200$  kW y  $\leq 10$  MW, conectada a la Red de Distribución en Media Tensión.

**Recursos Energéticos Renovables (RER).** Son energías no convencionales como la geotérmica, sola u otras con una capacidad  $\leq 20$  MW (centrales hidroeléctricas RER).

**Parámetros Característicos de un Aerogenerador.** Para generar vientos se necesitan cantidades mayores a 4m/s y menos de 25 m/s. Pese a ello cada máquina tiene sus límites determinados.

- Velocidad de arranque: Velocidad del viento para brindar una potencia efectiva (más de 4m/s).
- Velocidad nominal: Velocidad para alcanzar la potencia nominal del aerogenerador (12 y 15 m/s).
- Velocidad de parada: Es la velocidad que indica que se debe parar el funcionamiento del rotor (25 a 30 m/s).
- Velocidad de supervivencia: Velocidad riesgosa que puede dañar el generador (70 m/s).

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 Metodología y Alcance de la Investigación**

La presente investigación se desarrollará utilizando el método deductivo, que se lleva a cabo en dos fases: primero, recoger los datos cuantitativos para analizarlos posteriormente, y segundo, emplear los resultados cuantitativos para aceptar o rechazar la inversión.

Gómez (2004) define el método deductivo como aquel que agrupa datos cuantitativos y, una vez analizados, se codifican para obtener resultados. De acuerdo con la literatura y las normas del Ministerio de Energía y Minas, la muestra se selecciona en conjunto con los equipos correspondientes:

Se plantea sustituir el sistema eléctrico convencional por un sistema eléctrico híbrido. El sistema eléctrico híbrido propuesto para implementar en las viviendas con consumos mayores a 100 kWh/mes en el distrito de La Victoria considerará la radiación solar, la velocidad del viento y el consumo mensual de energía de la vivienda, detallado en los recibos de las casas. Asimismo, se evaluará la rentabilidad en base a una evaluación técnica y económica. El sistema está compuesto por:

- Paneles solares.
- Aerogenerador.
- Convertidor o inversor.
- Tablero de Transferencia Automática (TTA).
- Conductores.

### **3.2 Tipo de Investigación**

Se emplea un estudio aplicativo, pues se aplican los conocimientos adquiridos para modificar la realidad de la facturación mensual de electricidad de las viviendas, obteniendo a la vez otros conocimientos. Hernández (2015) define como un estudio que aplica los conocimientos en la realización e intervención de una investigación.

### **3.3 Nivel de la Investigación**

Se utilizó un nivel descriptivo-analítico orientado al cálculo matemático para reducir económicamente la facturación eléctrica de los domicilios y/o comercios. Según Hernández (2025), en los niveles se mide la profundidad de un fenómeno en estudio.

### **3.4 Diseño de la Investigación**

Diseño no experimental.

### **3.5 Población y Muestra**

La población está conformada por las casas del distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, y la muestra es una casa, con datos tomados en un periodo de 12 meses.

### **3.6 Técnicas de Procesamiento de datos**

El tipo de análisis es estadístico, utilizando una prueba de hipótesis con el método de Kolmogorov-Smirnov. Para probar la hipótesis, se ha utilizado el software SPSS.

### **3.7 Técnicas de Recolección de Datos**

Se medirán el sistema de generación híbrida y la facturación mensual. Las técnicas fueron:

**Observación directa.** El proceso de recolección de datos surge a partir de visitas a viviendas del distrito de La Victoria, obteniendo datos de las cargas de la casa y la facturación mensual de la vivienda. Se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Perfil de carga anual
- Cargo fijo
- Cargo por reposición y mantenimiento
- Energía activa
- Alumbrado público
- Ley 27510 (FOSE)
- Ley 28749 (ER)
- IGV

**Análisis de documentos.** Se utilizaron tesis, internet, software, análisis matemático, criterios de diseño, análisis electrónico, aplicando el software Excel y PVsyst Solar.

### **3.8 Instrumentos de Recolección de Datos**

Como instrumento, se emplea la siguiente ficha de observación:

**Figura 14.**

*Tabla de Recolección de Datos*

 Universidad Continental Escuela de Ingeniería Eléctrica			
<b>Ficha de Datos</b>			
<b>1. Datos del Usuario de la Vivienda</b>			
Nombres y Apellidos			
Asignatura			
Dirección			
Fecha de Inicio		Fecha de Finalización	
<b>2. Datos del Suministro de Consumo</b>			
Descripción		Importes Facturados	
Número de Suministro			
Tarifa			
Tipo de Conexión			
Perfil de Carga Anual			
Cargo Fijo			
Cargo por reposición y mantenimiento			
Energía activa			
Alumbrado público			
Ley 27510 (FOSE)			
Ley 28749 (ER)			
IGV			
Precio Total de Recibo			

**Tabla 5.**

*Matriz de Consistencia*

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b> ¿La generación eléctrica Híbrida puede reducir la facturación mensual de energía eléctrica a los usuarios regulados que tengan consumos mayores a 100 kWh del distrito de la Victoria Provincia de Chiclayo?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar si la generación eléctrica híbrida reduce la facturación mensual de energía de usuarios regulados con consumos mayores a 100kWh mensual en el distrito La Victoria provincia de Chiclayo.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El sistema de generación eléctrico híbrido si permite reducir significativamente la facturación mensual de energía eléctrica a los usuarios regulados cuyos consumos mensuales supere los 100kWh del distrito de la Victoria Provincia de Chiclayo.</p>	<p><b>Variable</b> Facturación mensual de energía <b>Dimensiones:</b> Económica <b>Indicadores:</b> Con Generación Eléctrica Híbrida Sin Generación Eléctrica Híbrida</p>	<p><b>Método de Investigación:</b> Deductivo.  <b>Nivel de Investigación:</b> Correlacional - Descriptivo  <b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada, Longitudinal, descriptiva, cuantitativa.</p>

<p><b>Problemas Específicos:</b> ¿Cómo es la facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo que no cuenta con Sistema de Generación Híbrida? ¿Cómo es la facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo con Sistema de Generación Híbrida?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b> Mostrar que la facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo que no cuenta con Sistema de Generación Híbrida. Revelar la facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo con Sistema de Generación Híbrida.</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b> La facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo que no cuenta con Sistema de Generación Híbrida es alta. La facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo con Sistema de Generación Híbrida es baja.</p>		<p><b>Diseño de Investigación:</b> Experimental</p> <p><b>Población y muestra:</b> Datos de facturación de 12 meses</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos:</b> Encuesta.</p> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b> SPSS</p>
--	---	---	--	--

## CAPÍTULO IV RESULTADOS

### 4.1 Cálculo del Sistema Eléctrico Híbrido Fotovoltaico-Solar

$$Lmd (Wh/día) = 1.1 \left( \frac{Ldc}{\eta_{bat}} + \frac{Lac}{\eta_{bat} + \eta_{inv}} \right) * \left( \frac{1}{\eta_{cond}} \right)$$

**Donde:**

Lmd : Consumo Medio Diario (Wh/día).

Ldc : Consumo de Energía diario de las cargas en continua (Wh/día).

Lac : Consumo de Energía diario de las cargas en alterna (Wh/día).

$\eta_{bat}$  : Rendimiento de la batería.

$\eta_{inv}$  : Rendimiento del inversor.

$\eta_{cond}$  : Rendimiento del conductor.

**Datos de recibo:**

Consumo Promedio Anual de las cargas = 166KWh/añual

Se determina que

$Lac = 5533.33 \text{ Wh/d}$

$Ldc = 0$

$\eta_{bat} = 0.95$

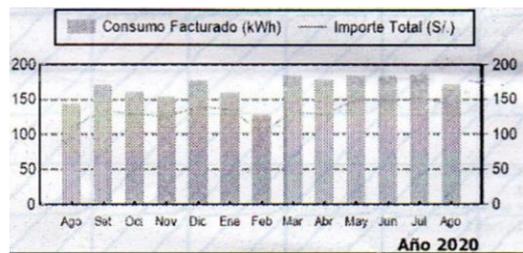
$\eta_{inv} = 0.98$

$Lmd = 6210.88 \text{ Wh/día}$  (consumo promedio diario que suministrara los paneles).

La Figura 15, muestra el consumo promedio anual de la vivienda.

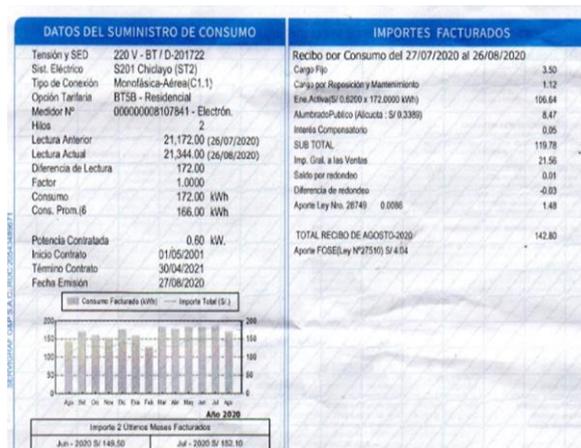
**Figura 15.**

*Cuadro Estadístico de Consumo Anual 2020*



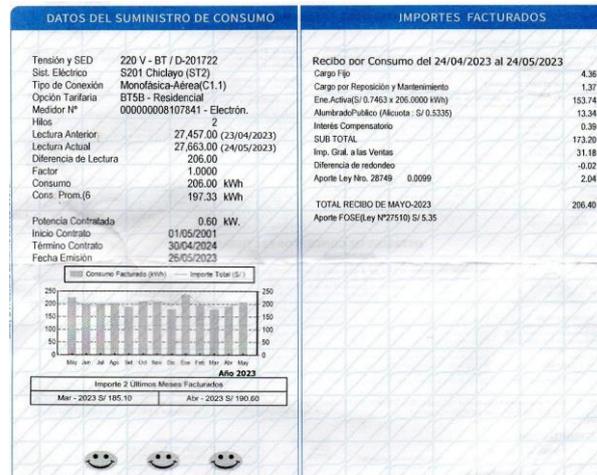
**Figura 16.**

*Recibo de la facturación del mes de agosto del 2020*



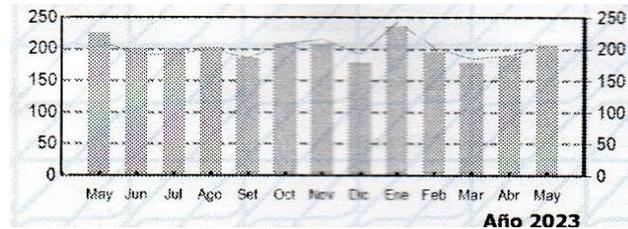
**Figura 17.**

*Recibo de la facturación del mes de mayo del 2023*



**Figura 18.**

*Cuadro estadístico de consumo anual 2023*

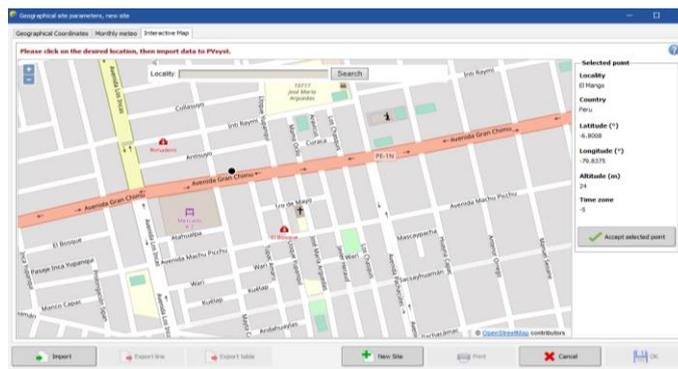


#### 4.1.2 Determinar la Radiación de la Zona

Se ubicó el distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo con el software PVsyst 7.2, se ubica el lugar donde se instalaron los paneles fotovoltaicos, se observan las coordenadas.

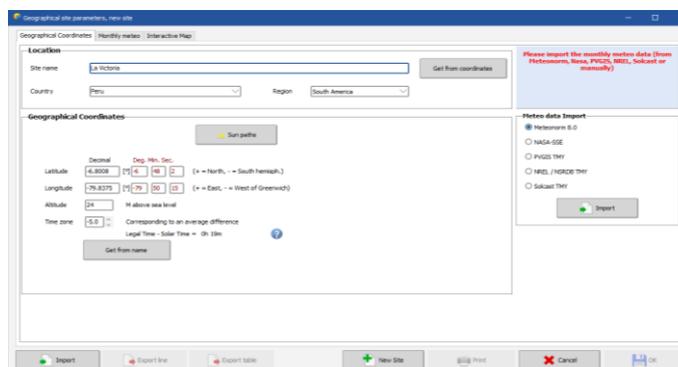
**Figura 19.**

*Ubicación de la casa en estudio*



**Figura 20.**

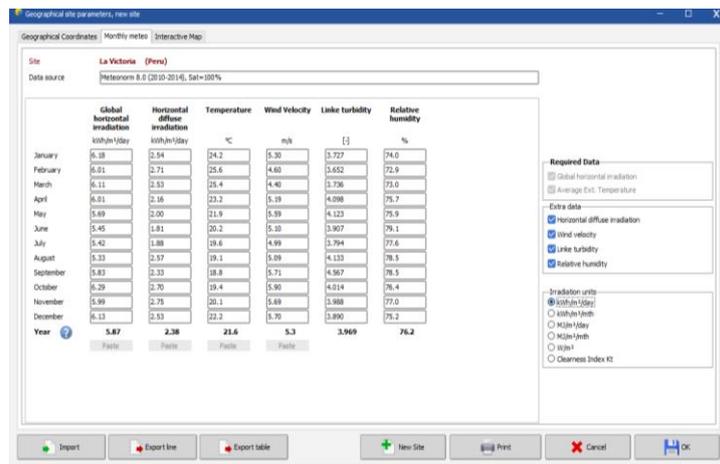
*Coordenadas Geográficas de la casa en estudio*



Se muestran los datos de irradiación solar y velocidad del viento del lugar. Los datos se obtuvieron utilizando el software PVsyst 7.2, que proporciona información sobre la irradiación de la casa y también puede indicar el azimut y el ángulo de inclinación para el montaje de los paneles.

**Figura 21.**

*Valores de Irradiación y velocidad del Viento de las área en estudio*



#### 4.1.3 Calcular el Número de Paneles de la Casa

$$N_{tp} = \frac{L_{md}}{P_{mpp} + HSP_{crit} + PR}$$

**Datos:**

$$N_{tp} = 6210,88 \text{ Wh/día}$$

$$P_{mpp} = 250 \text{ W}$$

$$HSP_{crit} = 4,69$$

$$PR = 0,9$$

$$N_{tp} = 5,89$$

Entonces, 6 son los paneles que se necesitan para nuestro sistema solar

$$N_{serie} \geq \frac{V_{sist}}{V_{mpp}}$$

**Datos:**

$$V_{sist} = 48$$

$$V_{mpp} = 29,8$$

$$N_{serie} \geq 1,611$$

Entonces, 2 es el número de paneles que se conectaran en serie.

**4.1.4 Conexión de los Paneles de la Casa**

$$N_{paralelo} = \frac{N_{pt}}{N_{serie}}$$

**Datos:**

$$N_{pt} = 6$$

$$N_{serie} = 2$$

$$N_{paralelo} = 3$$

Entonces, 3 es el número de paneles que se conectaran en paralelo.

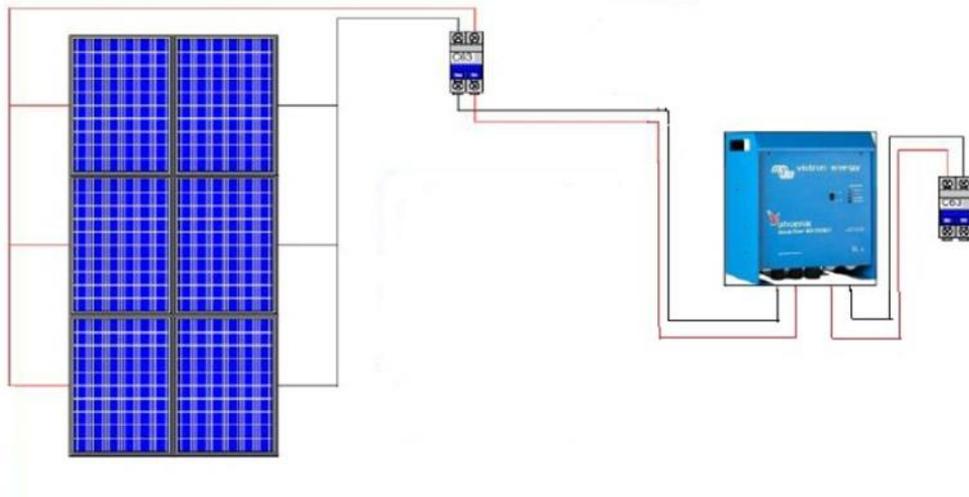
**Tabla 6.**

*Radiación en la Zona*

MES	HPS
Enero	5.94
Febrero	5.97
Marzo	6.11
Abril	6.06
Mayo	5.29
Junio	5.34
Julio	4.69
Agosto	5.68
Septiembre	6.28
Octubre	6.43
Noviembre	6.21
Diciembre	5.91

**Figura 22.**

*Conexión de los Paneles solares*



**4.1.5 Calcular la Corriente de Entrada del Controlador**

$$I_{ent}(A) = F_s * I_{sc} * N_{paralelo}$$

**Datos:**

$I_{sc} = 8,92 \text{ A}$

$F_s = 1,25$

$N_{paralelo} = 3$

$N_{serie} = 2$

$I_{ent}(A) = 33,45 \text{ A}$  (es la corriente de entrada máxima de ingreso al controlador)

$V_{oc} = 37,6 \text{ V}$  (Voltaje en circuito abierto dato de placa del panel seleccionado)

**4.1.6 Calcular la Potencia del Inversor**

$$P_{int}(W) = F_s * P_{ac}$$

**Donde:**

**$P_{int}$**  : Potencia del Inversor (W).

**$P_{ac}$**  : Suma de la potencia en alterna de los equipos(W).

**Datos:**

$F_s = 1,2$

$$P_{ac} = 3 \text{ kW}$$

$$P_{ac} = 1650 \text{ W}$$

$$P_{inv} = 1980 \text{ W (es la potencia del inversor a comprar)}$$

#### 4.1.7 Calcular Calibre del Conductor

$$S(\text{mm})^2 = 2 * \left( \frac{L * I}{k * V_{sist} * \%V} \right)$$

##### Donde:

S : Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

L : Longitud del cable (m).

I : Intensidad de corriente (A).

k : conductividad del cobre a temperatura ambiente ( $56\text{m}/\text{ohm} (\text{mm})^2$ ).

$V_{sist}$  : Voltaje del sistema (V).

$\%V$  : Caída de tensión admisible.

**Datos:** Tramo Generador fotovoltaico al controlador de carga:

$$L = 10 \text{ m}$$

$$I = 8.39 \text{ A (Corriente de Potencia máxima del panel)}$$

$$K = 56 \text{ m}/\text{ohm} (\text{mm})^2$$

$$V_{sist} = 48 \text{ Vdc}$$

$$\%V = 3\% = 0.03$$

$$S = 8.32 (\text{mm})^2 \cong 8 \text{ AWG (calibre del conductor que usara para las conexiones eléctricas)}$$

#### Figura 23.

*Características del Panel solar Yingli 250 Wp*

Características Eléctricas		
Potencia máxima (W)	250	W
Voltaje a potencia máxima (Vpm)	29.8	V
Corriente a potencia máxima (Ipm)	8.39	A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	37.6	V
Corriente en corto circuito (Isc)	8.92	A
Características Generales		
Longitud	1640	mm
Ancho	990	mm
Profundidad	35	mm
Peso	18.5	Kg

#### Figura 24.

*Calibres de Cables Eléctricos THW-90 (AWG-MCM)*

CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (°)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

#### 4.1.8 Energía Generada por los Paneles Solares

$$E_g = P_{mpp} * HSP_{critico} * PR$$

**Donde:**

$E_g$  : Energía generada por los paneles solares.

$P_{mpp}$  : Potencia generada por los paneles solares.

$HSP$  : Horas solar pico en el mes critico

$PR$  : Factor global de funcionamiento.

$\%V$  : Caída de tensión admisible.

**Datos:**

$P_{mpp}$  = 1500 W

$HSP_{critico}$  = 4.69

$PR$  = 0.9

$E_g$  = 6331.5 Wh/día (energía eléctrica que genera nuestros paneles solares)

#### 4.1.9 Energía Generada por Aerogenerador

$$P = \frac{1}{2} * \rho * S * V^3 \qquad S = \pi r^2$$

**Donde:**

$P$ : Potencia en Vatios (W)

$\rho$  : Densidad del Aire en  $kg/m^3 = 1.29 kg/m^3$

$S$ : Superficie o área barrida por el rotor en  $m^2$

$V$ : Velocidad del Viento en  $m/s = 5 m/s$

**Diámetro = 2.8 m**

**Radio=r= 1.4 m**

$$S = \pi (1.4)^2$$

$$S = 6.16 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{1}{2} * (1.29 \text{ kg/m}^3) * (6.16 \text{ m}^2) * (5 \text{ m/s})^3$$

$$P = 496.43 \text{ (kg*m}^2/\text{s}^3)$$

$$P = 496.43 \text{ (kg* m}^2/\text{s}^2) * (1/\text{s})$$

$$P = 496.43 \text{ (J/S)}$$

$P = 496.43 \text{ W}$  (Potencia eléctrica que genera nuestro aerogenerador)

$P = 3971.48 \text{ Wh/día}$  (energía eléctrica que genera nuestro aerogenerador)

**Tabla 7.**

*Velocidad del Viento en la Zona*

<b>HORAS DE VIENTO</b> <b>Lugar: Distrito de la Victoria Provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque</b>			<b>ENERGIA EÓLICA DIARIA GENERADA</b>	<b>ENERGIA EÓLICA MENSUAL GENERADA</b>
<b>MES</b>	<b>DÍAS</b>	<b>VELOCIDAD (m/s)</b>	<b>Wh/d</b>	<b>kWh/mes</b>
Enero	31	5.3	4730.10	146.63
Febrero	28	4.6	3092.55	86.59
Marzo	31	4.4	2706.46	83.90
Abril	30	5.2	4467.38	134.02
Mayo	31	5.6	5579.65	172.97
Junio	30	5.1	4214.57	126.44
Julio	31	5	3971.48	123.12
Agosto	31	5.1	4214.57	130.65
Septiembre	30	5.7	5883.93	176.52
Octubre	31	5.9	6525.28	202.28
Noviembre	30	5.7	5883.93	176.52
Diciembre	31	5.7	5883.93	182.40

**Tabla 8.***Cuadro de Generación de Energía Fotovoltaica*

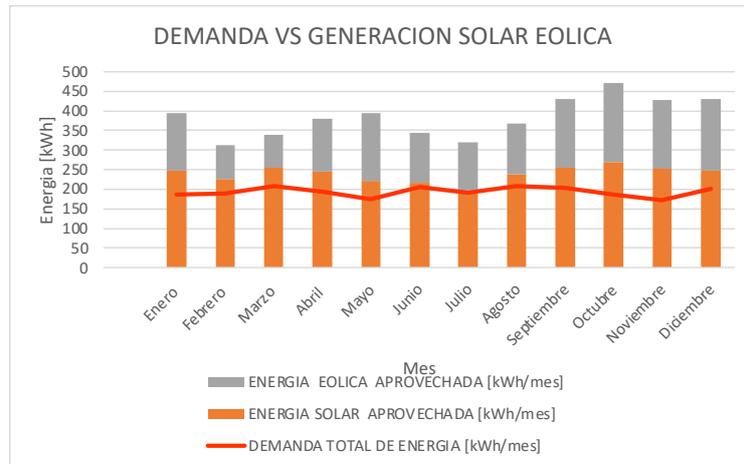
<b>HORAS PICO SOLAR</b>			<b>ENERGIA SOLAR DIARIA GENERADA</b>	<b>ENERGIA SOLAR MENSUAL GENERADA</b>
<b>MES</b>	<b>DÍAS</b>	<b>HPS</b>	<b>Wh/d</b>	<b>kWh/mes</b>
Enero	31	5.94	8019	248.59
Febrero	28	5.97	8059.5	225.67
Marzo	31	6.11	8248.5	255.70
Abril	30	6.06	8181	245.43
Mayo	31	5.29	7141.5	221.39
Junio	30	5.34	7209	216.27
Julio	31	4.69	6331.5	196.28
Agosto	31	5.68	7668	237.71
Septiembre	30	6.28	8478	254.34
Octubre	31	6.43	8680.5	269.10
Noviembre	30	6.21	8383.5	251.51
Diciembre	31	5.91	7978.5	247.33

**Tabla 9.***Demanda y Generación de Energía Eólica y Solar*

<b>MES</b>	<b>DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA [kWh/mes]</b>	<b>ENERGÍA SOLAR APROVECHADA [kWh/mes]</b>	<b>ENERGIA EÓLICA APROVECHADA [kWh/mes]</b>
Enero	186.23	248.59	146.63
Febrero	188.26	225.67	86.59
Marzo	207.12	255.70	83.90
Abril	193.56	245.43	134.02
Mayo	175.67	221.39	172.97
Junio	205.34	216.27	126.44
Julio	190.23	196.28	123.12
Agosto	207.34	237.71	130.65
Septiembre	203.57	254.34	176.52
Octubre	187.45	269.10	202.28
Noviembre	172.45	251.51	176.52
Diciembre	200.34	247.33	182.40
<b>TOTAL</b>	2317.56	2869.30	1742.04

**Figura 25.**

*Gráfico de la Demanda y Generación Híbrida de Energía*



#### 4.1.10 Costo de Suministro de Equipos

**Figura 26.**

*Costos de Equipos Eléctricos y Electrónicos*

item	Descripcion	und	cant	costo Unt S/.	Precio S/.
1	Módulos de Paneles Fotovoltaicos				
	Panel Solar Policristalino 72 Celdas 250Wp JingliSolar	und	6	250	1500
2	Inversor Controlador de Energía				
	Inversor Solar Huawei SUN2000L C48/2000W	und	1	4101.12	4101.12
3	Aerogenerador				
	wind power 1.2kW 48Vdc	und	1	5483.2	5483.2
4	Tablero de Transferencia Automatica				
	Tablero Transferencia Automatica	und	1	989	989
5	Accesorios del Sistemas Fotovoltaico				
	Estructura panel solar x unid. 200wp/300wp	und	1	1000	1000
	Cableado THW90-6AWG	m	30	5.2	156
	Cableado THW90-8AWG	m	20	3.6	72
	Tablero de Conexión	und	1	150	150
	Accesorios de Instalación	glb	1	500	500
total S/.					13951.32

#### 4.1.11 Presupuesto

**Figura 27.**

*Costo Total incluye la instalación*

Prsesupuesto del Proyecto	
Descripcion	Precio S/.
Suministro de Suministro de Equipos	13951.32
Instalacion de los Equipos	2500.000
<b>Costo Total del Proyecto</b>	<b>16451.320</b>

#### 4.1.12 Calcular los Medidores Financieros VAN y TIR

**Figura 28.**

Flujo de caja proyectado en 20 años

Flujo de caja proyectado en un horizonte de 20 años						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversion	S/ 16,451.32					
Fondos Generados		S/ 3,441.45				
Ahorro	S/ 0.00	S/ 3,441.45				
Mantenimiento		S/ 100.00				
Resto de Por pagar de Energia		S/ 600.00				
Renovacion de Controlador						
Renovacion de Inversor						
Egresos	S/ 16,451.32	S/ 700.00				
Flujo de Caja	-S/ 16,451.32	S/ 2,741.45				

Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
S/ 3,441.45								
S/ 3,441.45								
S/ 100.00								
S/ 600.00								
S/ 700.00								
S/ 2,741.45								

Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
S/ 3,441.45					
S/ 3,441.45					
S/ 100.00					
S/ 600.00					
S/ 700.00					
S/ 2,741.45					

Resultados del VAN y TIR en un horizonte de 20 años y una tasa de interés del 14% anual.

VAN = S/ 1705.64 Se acepta

TIR = 16 % Se acepta

## 4.2 Resultados del tratamiento y Análisis de la Información

**Tabla 10.**

*Facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo que no cuenta con Sistema de Generación Híbrida*

<b>Facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo que no cuenta con Sistema de Generación Híbrida</b>								
<b>MES</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>costo por kWh( S/)</b>	<b>Aporte FOSE Ley 27510</b>	<b>Aporte ER Ley 28749</b>	<b>Mantenimiento /Alumbrado Público /Otros</b>	<b>Subtotal Mes (S/)</b>	<b>IGV</b>	<b>Total Mes (S/)</b>
<b>ENE</b>	186.23	0.7129	2.94	1.56	15	152.26	27.41	<b>179.67</b>
<b>FEB</b>	188.26	0.7129	2.94	1.56	15	153.71	27.67	<b>181.38</b>
<b>MAR</b>	207.12	0.7129	2.94	1.56	15	167.16	30.09	<b>197.24</b>
<b>ABR</b>	193.56	0.7129	2.94	1.56	15	157.49	28.35	<b>185.84</b>
<b>MAY</b>	175.67	0.7129	2.94	1.56	15	144.74	26.05	<b>170.79</b>
<b>JUN</b>	205.34	0.7129	2.94	1.56	15	165.89	29.86	<b>195.75</b>
<b>JUL</b>	190.23	0.7129	2.94	1.56	15	155.11	27.92	<b>183.04</b>
<b>AGO</b>	207.34	0.7129	2.94	1.56	15	167.31	30.12	<b>197.43</b>
<b>SEPT</b>	203.57	0.7129	2.94	1.56	15	164.63	29.63	<b>194.26</b>
<b>OCT</b>	187.45	0.7129	2.94	1.56	15	153.13	27.56	<b>180.70</b>
<b>NOV</b>	172.45	0.7129	2.94	1.56	15	142.44	25.64	<b>168.08</b>
<b>DIC</b>	200.34	0.7129	2.94	1.56	15	162.32	29.22	<b>191.54</b>

**Tabla 11.**

*Facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo con Sistema de Generación Híbrida*

<b>Facturación Mensual del año 2023 de una casa de La Victoria Distrito de Chiclayo con Sistema de Generación Híbrida</b>										
<b>MES</b>	<b>Consumo de la casa kWh/mes</b>	<b>Producción del Sistema Híbrido (kWh/mes)</b>	<b>Consumo de Concesionaria kWh/mes</b>	<b>Costo por kWh (S/)</b>	<b>Aporte FOSE Ley 27510</b>	<b>Aporte ER Ley 28749</b>	<b>Mantenimiento /Alumbrado Público /Otros</b>	<b>Subtotal Mes (S/.)</b>	<b>IGV</b>	<b>Total Mes (S/)</b>
<b>ENE</b>	186.23	146.63	39.6	0.7129	2.94	1.56	15	47.73	8.59	56.32
<b>FEB</b>	188.26	86.59	101.67	0.7129	2.94	1.56	15	91.98	16.56	108.54
<b>MAR</b>	207.12	83.9	123.22	0.7129	2.94	1.56	15	107.34	19.32	126.67
<b>ABR</b>	193.56	134.02	59.54	0.7129	2.94	1.56	15	61.95	11.15	73.10
<b>MAY</b>	175.67	172.97	2.7	0.7129	2.94	1.56	15	21.42	3.86	25.28
<b>JUN</b>	205.34	126.44	78.9	0.7129	2.94	1.56	15	75.75	13.63	89.38
<b>JUL</b>	190.23	123.12	67.11	0.7129	2.94	1.56	15	67.34	12.12	79.46
<b>AGO</b>	207.34	130.65	76.69	0.7129	2.94	1.56	15	74.17	13.35	87.52
<b>SEPT</b>	203.57	176.52	27.05	0.7129	2.94	1.56	15	38.78	6.98	45.77
<b>OCT</b>	187.45	202.28	-14.83	0.7129	2.94	1.56	15	8.93	1.61	10.53
<b>NOV</b>	172.45	176.52	-4.07	0.7129	2.94	1.56	15	16.60	2.99	19.59
<b>DIC</b>	200.34	182.4	17.94	0.7129	2.94	1.56	15	32.29	5.81	38.10

### 4.2.1 Prueba de Hipótesis

**Tabla 12.**

*Estadísticas de muestras emparejadas*

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Sin Sistema de Generación Híbrida	185,4752	12	9,99	2,88
	Con Sistema de Generación Híbrida	63,3550	12	36,70	10,60

**Tabla 13.**

*Correlaciones de muestras emparejadas*

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Sin Sistema de Generación Híbrida y con Sistema de Generación Híbrida	12	,592	,043

**Tabla 14.**

*Prueba T de muestras emparejadas*

Prueba de muestras emparejadas									
Par 1: Sin Sistema de Generación Híbrida - Con Sistema de Generación Híbrida	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)	R (potencia)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
	122,12020	31,82731	9,18775	101,89809	142,34231	13,292	11	,000	0.970

### 4.3 Análisis de Resultados

En la Tabla 10 y la Tabla 11, se muestra la energía en kWh/mensual generada por los paneles y el aerogenerador, así como el consumo en kWh/mensual del usuario estimado durante los 12 meses del año.

Se observa que la generación híbrida es mayor a la energía demandada, por lo que la facturación mensual disminuirá, ya que la mayor parte de la energía que consume la vivienda será suministrada por los paneles solares y el aerogenerador: durante el día, por los paneles solares, y durante las horas punta (18 a 23 horas), por el aerogenerador. En caso de falla, mantenimiento de los equipos o caída del suministro de los paneles o aerogenerador, el sistema conmutará automáticamente al suministro de la concesionaria. Este sistema tiende a disminuir el pago mensual a la concesionaria y genera un ahorro anual para el usuario.

En cuanto a la reducción significativa, dentro del análisis descriptivo podemos notar a simple vista que la media de la facturación mensual de energía sin el Sistema de Generación Híbrida es considerablemente mayor que la media con el sistema híbrido. La desviación estándar y el error estándar también indican una mayor variabilidad en la facturación sin el sistema híbrido. Desde el punto de vista correlacional, existe una correlación positiva y significativa ( $r=0.592$ ;  $p<0.05$ ) entre las facturaciones mensuales de energía con y sin el Sistema de Generación Híbrida.

Por último, mediante la prueba T de muestras emparejadas, se observa que la diferencia media emparejada es de 122.12020, y el intervalo de confianza del 95% no incluye cero, lo que indica una diferencia significativa ( $p=0.000$ ), y una potencia de 0.97, lo que indica que el efecto de reducción explica el 25% de la varianza total. Esto sugiere que la mayor parte de la electricidad suministrada al sistema se está utilizando eficientemente para realizar trabajo útil. El t-valor alto (13.292) con grados de libertad bajos (11.0) y una significancia muy baja (0.000) respalda la conclusión de que la facturación mensual de energía con y sin el Sistema de Generación Híbrida es significativamente diferente.

## DISCUSIÓN

Los resultados presentados en las Tablas 10 y 11 sobre la facturación mensual de una casa en La Victoria, Chiclayo, muestra un análisis detallado sobre la implementación de un Sistema de Generación Híbrida (SGH) en comparación con un sistema tradicional sin este componente. Aquí se discute cómo la generación híbrida supera la demanda energética de la vivienda, lo que resulta en una reducción significativa en la facturación mensual, ya que la mayor parte de la energía consumida proviene de fuentes renovables como paneles solares y aerogeneradores. Además, se menciona la conmutación automática al suministro de la concesionaria en caso de fallas o mantenimiento de los equipos, garantizando la continuidad del servicio.

Al analizar la reducción significativa en la facturación mensual, se observa una diferencia considerable entre la media de la facturación mensual de energía con y sin el SGH. La media de la facturación mensual es menor con el SGH, lo que indica un ahorro en los costos de electricidad. Además, se señala una menor variabilidad en la facturación con el SGH, como se evidencia por la desviación estándar y el error estándar más bajos en comparación con el sistema tradicional.

El análisis correlacional muestra una correlación positiva y significativa entre las facturaciones mensuales de energía con y sin el SGH, lo que respalda la efectividad de la implementación de este sistema en la reducción de costos. La prueba T de muestras emparejadas confirma que hay una diferencia significativa entre la facturación mensual con y sin el SGH, lo que sugiere que este sistema está siendo utilizado eficientemente para cubrir la demanda energética del hogar.

Al comparar estos resultados con los estudios mencionados, se puede destacar que varios de ellos abordan la viabilidad y el diseño de sistemas fotovoltaicos para diferentes propósitos y contextos. Por ejemplo, el estudio de Ramos y Luna (2014) sobre el diseño de un sistema fotovoltaico para un estacionamiento universitario muestra una aplicación similar de energía solar para satisfacer las necesidades energéticas específicas de una institución. Además, las investigaciones de Cardozo Peña (2014), Diaz y Diez (2007) y González y Velásquez (2016) también se centran en el diseño y la implementación de sistemas fotovoltaicos para uso doméstico o autónomo, con énfasis en la viabilidad económica y ambiental de estos sistemas.

Por otro lado, la tesis de Marzan (2011) aborda los desafíos y barreras para el desarrollo de proyectos de energía renovable, con un enfoque particular en la energía solar en Argentina. Aunque este estudio no se centra específicamente en la implementación de sistemas híbridos como en el caso presentado, proporciona un contexto relevante sobre los obstáculos y las estrategias para promover la energía solar en diferentes contextos.

En conjunto, estos estudios respaldan la idea de que la implementación de sistemas fotovoltaicos, ya sea de manera autónoma o híbrida, puede ser una solución efectiva para reducir costos energéticos, promover la sostenibilidad y superar los desafíos asociados con la generación de electricidad a partir de fuentes convencionales. Sin embargo, también subrayan la importancia de abordar los obstáculos y barreras específicos que pueden existir en diferentes regiones y contextos socioeconómicos para maximizar el potencial de la energía solar y otras fuentes renovables.

## CONCLUSIONES

- La facturación mensual del año 2023 de una casa en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, que no cuenta con un sistema de generación híbrida, es alta.
- La facturación mensual del año 2023 de una casa en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, con un sistema de generación híbrida, es baja.
- A lo largo de los meses, la facturación mensual de energía es significativamente menor después de la implementación del sistema de generación híbrida. Los resultados sugieren que la implementación del sistema de generación híbrida está asociada con una reducción significativa en la facturación mensual de energía para usuarios regulados con consumos mayores a 100 kWh en el distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo. La correlación positiva indica que las variaciones en la facturación están relacionadas entre los dos casos, y la prueba t respalda estadísticamente la significativa disminución en la facturación con el sistema híbrido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Panta, N. (2018). *Dimensionamiento de un Sistema de Generación Solar Fotovoltaica para electrificar El Caserío Cuñish Grande Ubicado en San Luis – San Pablo – Cajamarca* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/1994>
- Barboza Cueva, L. (2019). *Análisis para la dotación de energía fotovoltaica para autoconsumo de la Institución Educativa Cristo Rey Chiclayo* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8026>
- Bellota Sánchez, L. (2018). *Proceso de Generación de Energía Eléctrica a partir de Energía Solar para uso Industrial Caso: Planta de Secado de Mineral No Metálico*. [Tesis de posgrado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8046>
- Calderón Buelot, J. (2020). *Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica para riego de arroz en el Predio Los Rojas, ubicado en el distrito de Yuracyacu, provincia de Rioja, departamento de San Martín* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8726>
- Cardozo Peña, A. (2014). *Cálculo y Diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico* [Tesina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6924/TESINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cieza Coronado, J. (2017). *Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico para las Instalaciones Eléctricas de Alumbrado en el Hostal Lancelot Ubicado En Chiclayo – Chiclayo – Lambayeque* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/1919>
- Cieza Zurita, W. (2019). *Factibilidad de la interconexión de la central de generación fotovoltaica de 10 kw al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para aumentar la confiabilidad de la*

- energía Jaén* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35982>
- Clemente de la Cruz, W. (2014). *Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas* [Tesis de posgrado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/296>
- Córdova Chapoñan, I. (2019). *Microgeneración fotovoltaica con el software PVSYSY en el centro poblado San Marcos – Lambayeque* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4537>
- Correa H. y Gonzáles, V. (2018). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para la generación de energía eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, Distrito Río Santiago, Provincia Condorcanqui, Departamento de Amazonas* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2198>
- D'angles, B. (2020). *Análisis de los factores que influyen en el diseño de una planta fotovoltaica de 40MW ubicada en el Valle del Mantaro* [Tesis de posgrado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6031>
- Díaz, H. y Díez, F. (2007). *Análisis, modelado, simulación y validación de un sistema de generación de energía solar autónomo* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Autónoma de Occidente. <http://hdl.handle.net/10614/6143>
- Genera Tu Luz. (2024). *Aerogeneradores*. <https://www.generatuluz.com/generar-electricidad/aerogeneradores/>
- Gómez, R. (2004). *Evolución científica y metodológica de la economía*. <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/rgl-evol/index.html>
- González, E. y Velásquez, F. (2016). *Diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico de bajo consumo para uso domiciliar en comunidades rurales fuera del sistema interconectado nacional* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua.
- Hernández, M. (2015). *Relación entre tipos y objetivos de investigación. Metodología de Investigación*. <https://metodologiadeinvestigacionmarisol.blogspot.com>

- Hualpa Huamaní, M. (2011). *Estudio de factibilidad de sistemas híbridos eólico-solar en el Departamento de Moquegua* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2006). *Manual de energía eólica*.  
<http://www.esengrupo.com/uploads/descargas/archivo/Manual%20de%20Energ%C3%ADa%20E%C3%B3lica%20IDAE.pdf>
- Ley 27510 de 2001. *Por la cual se crea el Fondo de Compensación Social Eléctrica – FOSE*. Marzo de 2003. D.L. N° 25844. Congreso de la República del Perú. (2003).  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898418/LEY-27510.pdf?v=1593527172>
- Marzan, V. (2011). *Límites y barreras a la generación de electricidad por energías renovables. propuestas para facilitar el desarrollo de la energía solar en la República Argentina* [Tesis de posgrado]. Repositorio Institucional Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2018). *Reglamento de Generación Distribuida*.  
<https://autosolar.pe/pdf/Reglamento-peru-agosto-2018.pdf>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2013). *Resolución N° 175-2013-OS/CD*.  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1222829/R\\_OSINERGMIN\\_No.175-2013-OS-CD20200809-2289235-1st11sb.pdf?v=1597027850](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1222829/R_OSINERGMIN_No.175-2013-OS-CD20200809-2289235-1st11sb.pdf?v=1597027850)
- Powen. (2024). *Celdas solares para casa*. <https://www.powen.mx/celdas-solares-para-casa>
- Ramos, H. y Luna, R. (2014). *Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca* [Tesis de grado] Repositorio Institucional Centro de Investigación en Materiales Avanzados.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). *Pronóstico detalle turístico en Chiclayo*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0004>
- TuContribuyes. (2024). *Somos Contribuyentes del Perú*. <https://tucontribuyes.com/>
- WeatherOnline España. (2024). <https://www.woespana.es/>
- Wikipedia. (s.f.). *Clima de Chiclayo*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Chiclayo#Clima>

Zeña Inoñan, Y. (2019). *Dimensionamiento de un Sistema Eólico-fotovoltaico para Electrificar el Caserío La Unión en el Distrito de Jayanca- Lambayeque* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3317>

## ANEXOS

### Anexo 1: Ficha Técnica de Cable Indeco



## THW-90

### Usos

Aplicación general en instalaciones fijas, edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control y en general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al TW-80.

### Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado ó flexible. Aislamiento de PVC.

### Características

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. Retardante a la llama.

### Marca

INDECO S.A. THW-90 450/750 V <Sección> <Año de Fabricación>

### Calibres

2.5 mm<sup>2</sup> - 500 mm<sup>2</sup>

### Embalaje

De 2.5 a 10 mm<sup>2</sup>: En rollos estándar de 100 metros.  
De 16 a 500 mm<sup>2</sup>: En carretes de madera.

### Colores

De 2.5 a 10 mm<sup>2</sup>: Amarillo, azul, blanco, negro, rojo y verde.  
Mayores de 16 mm<sup>2</sup>: Solo en color negro.



**Normas de Fabricación**  
NTP 370.252  
**Tensión de servicio**  
450/750 V  
**Temperatura de operación**  
90°C

## Anexo 2: Ficha Técnica de Panel Yingli Solar

This page contains information about the Yingli Solar YL250P-29b (250W) solar panel. To compare this to other PV modules, click [here](#).

- STC Power Rating 250W
- PTC Power Rating 226.2W<sup>1</sup>
- STC Power per unit of area 14.2W/ft<sup>2</sup> (153.0W/m<sup>2</sup>)
- Peak Efficiency 15.3%
- Power Tolerances 0%/+2%
- Number of Cells 60
- Nominal Voltage not applicable
- Imp 8.24A
- Vmp 30.4V
- Isc 8.79A
- Voc 38.4V
- NOCT 46°C
- Temp. Coefficient of Isc 0.06%/K
- Temp. Coefficient of Power -0.45%/K
- Temp. Coefficient of Voltage -0,127V/K
- Series Fuse Rating 15A
- Maximum System Voltage 600V

- Type Polycrystalline Silicon
- Output Terminal Type Amphenol H4
- Output Cable Wire Gauge 12 AWG
- Output Cable Wire Type PV Wire
- Output Cable Wire Length 43,3in (1.100mm)
- Frame Color Clear
- Backsheet Color data not available
- Length 65in (1.650mm)
- Width 39in (990mm)
- Depth 1,6in (40mm)
- Weight 42,1lb (19,1kg)
- Installation Method Rack-Mounted

### Anexo 3: Ficha Técnica de Inversor Híbrido Huawei



## SUN2000L-2/3/3.68/4/4.6/5KTL

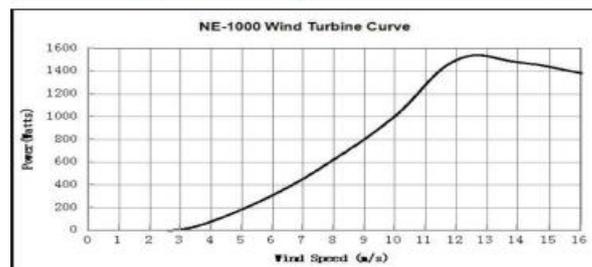
Technical Specification	SUN2000L-2KTL	SUN2000L-3KTL	SUN2000L-3.68KTL	SUN2000L-4KTL	SUN2000L-4.6KTL	SUN2000L-5KTL
<b>Efficiency</b>						
Max. efficiency	98.4 %	98.5 %	98.5 %	98.6 %	98.6 %	98.6 %
European weighted efficiency	97.0 %	97.6 %	97.8 %	97.9 %	98.0 %	98.0 %
<b>Input</b>						
Recommended max. PV power	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp
Max. input voltage	600 V / 495 V <sup>1</sup>					
Operating voltage range <sup>1</sup>	90 V ~ 600 V / 90 V ~ 495 V <sup>1</sup>					
Start-up voltage	120 V					
Full power MPPT voltage range	120 V ~ 480 V	160 V ~ 480 V	190 V ~ 480 V	210 V ~ 480 V	260 V ~ 480 V	260 V ~ 480 V
Rated input voltage	380 V					
Max. input current per MPPT	11 A					
Max. short-circuit current	16 A					
Number of MPP trackers	2					
Max. number of inputs per MPPT	1					
<b>Output</b>						
Grid connection	Single phase					
Rated output power	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W <sup>2</sup>
Max. apparent power	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	5,000 VA <sup>3</sup>	5,500 VA <sup>4</sup>
Rated output voltage	220 V / 230 V / 240 V					
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz					
Max. output current	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A <sup>5</sup>	25 A <sup>5</sup>
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %					
<b>Protection</b>						
Anti-islanding protection	Yes					
DC reverse polarity protection	Yes					
Insulation monitoring	Yes					
DC lightning protection	Yes					
AC lightning protection	Yes					
Residual current monitoring	Yes					
AC overcurrent protection	Yes					
AC short-circuit protection	Yes					
AC overvoltage protection	Yes					
Over-heat protection	Yes					
<b>General Data</b>						
Operating temperature range	-30 ~ +60 °C (Derating above 45°C @ Rated output power)					
Relative operating humidity	0 %RH ~ 100 %RH					
Operating altitude	0 - 4,000 m (Derating above 2,000 m)					

## Anexo 4: Ficha Técnica de Aerogenerador Wind Power



### 1kw 48V Wind Turbine Specification:

Model	NE-1000L
Rated power	1000w
Maximum power	1200w
Rated voltage	48V
Start-up wind speed	2.5m/s
Rated wind speed	10m/s
Survival wind speed	45m/s
Top net weight	48kg
Wheel diameter	2.8m
Number of blades	3
Blades material	reinforced glass fiber
Generator type	Three phase permanent magnet AC synchronous generator
Magnet material	NdFeB
Generator case	Casting aluminum alloy
Control system	Electromagnet/wind wheel yaw
Speed regulation	Tail furling
Working temperature	-40°C - 80°C
Design life	20 y
Gross weight	48kg



江苏乃尔风电技术开发有限公司  
JIANGSU NAIER WIND POWER