



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



## **INFORME FINAL DE TESIS**

“Implementación de las energías renovables como motor de transformación en las viviendas, ciudad de Ica, provincia y región Ica, año 2022”

**Línea de investigación:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

Presentado por:

**JAHIR ANTONIO TORDOYA PACHECO**

**Ica, Perú**

**2024**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su ejemplo de esfuerzo y dedicación me han enseñado a nunca rendirme. Este logro es tan suyo como mío.

A mis amigos y seres queridos, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

Y, en especial, dedico esta tesis a la ciudad de Ica, con la esperanza de que los resultados de esta investigación contribuyan a un futuro más sostenible y mejor para todos sus habitantes.

Jahir Tordoya

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me brindaron su apoyo durante la realización de esta tesis. En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza y perseverancia para alcanzar esta meta.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi fuente de inspiración. Agradezco también a mis amigos, quienes siempre estuvieron a mi lado brindándome palabras de ánimo.

A mi asesor de tesis, por su invaluable guía y orientación en cada etapa de este proceso. Gracias por compartir su conocimiento y experiencia, y por confiar en mi capacidad para llevar a cabo este proyecto.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” y a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para crecer como profesional.

## ÍNDICE

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Portada.                | i    |
| Dedicatoria.            | ii   |
| Agradecimientos         | iii  |
| Índice.                 | iv   |
| - Índice de contenidos. | v    |
| - Índice de tablas.     | vi   |
| - Índice de figuras.    | vii  |
| Resumen                 | viii |
| Abstract.               | ix   |

### **CUERPO DEL INFORME FINAL**

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| I. Introducción.                 | 10 |
| II. Estrategia metodológica.     | 21 |
| III. Resultados.                 | 30 |
| IV. Discusión.                   | 45 |
| V. Conclusiones.                 | 46 |
| VI. Recomendaciones.             | 47 |
| VII. Referencias bibliográficas. | 48 |
| VIII. Anexos.                    | 49 |

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|        |   |    |
|--------|---|----|
| I.     | INTRODUCCIÓN .....  | 11 |
| 1.1.   | Planteamiento del Problema.....   | 11 |
| 1.2.   | Antecedentes de la Investigación .....  | 12 |
| 1.2.1  | Antecedentes Internacionales .....  | 12 |
| 1.2.2. | Antecedentes Nacionales .....   | 14 |
| 1.2.3. | Antecedentes Locales .....  | 15 |
| 1.3.   | Teoría Relacionada al Tema.....   | 16 |
| 1.4.1. | Problema general: .....   | 21 |
| 1.4.2. | Problemas Específicos .....   | 21 |
| 1.4.   | Justificación e importancia de la investigación.....                          | 21 |
| 1.5.1. | Justificación .....   | 21 |
| 1.5.   | Objetivos .....   | 22 |
| 1.6.1. | Objetivo general.....   | 22 |
| 1.6.2. | Objetivos específicos .....   | 22 |
| 1.6.   | Hipótesis y variables de la investigación .....                               | 22 |
| 1.7.1. | Hipótesis .....   | 22 |
| II.    | ESTRATEGIA METODOLOGICA. ....   | 23 |
| 2.1.   | Diseño de la investigación. ....  | 23 |
| 2.1.1. | Tipo de Investigación.....  | 23 |
| 2.1.2. | Nivel de investigación .....  | 23 |
| 2.2.   | Variables, Operacionalización. ....   | 23 |
| 2.2.1. | Del Problema General.....   | 23 |
| 2.2.2. | De las Dimensiones .....  | 24 |
| 2.3.   | Población y muestra.....  | 24 |
| 2.4.   | Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..... | 25 |
| 2.4.1. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....                         | 25 |
| 2.4.2. | Contrastación de la hipótesis. ....   | 26 |
| III    | RESULTADOS.....   | 28 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 3.1 Aspectos Generales.....          | 28 |
| IV. DISCUSIÓN.....                   | 54 |
| V. CONCLUSIÓN.....                   | 57 |
| VI. RECOMENDACION.....               | 58 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 59 |
| ANEXOS .....                         | 60 |
| Anexo 01:.....                       | 60 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla I: Tipos de vivienda en el Perú (censo 2017).....                             | 24 |
| Tabla II: disponibilidad de alumbrado publico área urbana y rural (censo 2017)..... | 24 |
| Tabla III: artefactos y equipos eléctricos en las viviendas (censo 2017).....       | 24 |
| Tabla IV: Presupuesto para instalación de paneles solares.....                      | 24 |
| Tabla V: Presupuesto para instalación de aerogenerador.....                         | 24 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Mapa sistema eléctrico del Perú.....                       | 11 |
| Figura 2: Mapa acceso eléctrico por regiones Perú.....               | 11 |
| Figura 3: Evolución del acceso eléctrico Perú.....                   | 11 |
| Figura 4: Evolución mediana del consumo eléctrico.....               | 11 |
| Figura 5: Tipos de luminaria en el hogar.....                        | 11 |
| Figura 6: Beneficios del alumbrado publico .....                     | 11 |
| Figura 7: Acciones realizadas para ahorro de energía eléctrica ..... | 11 |
| Figura 8: Ilustración de una vivienda ecológica .....                | 11 |
| Figura 9: Aerogenerador para una vivienda ecológica .....            | 11 |

## RESUMEN

La ciudad de Ica, en Perú, enfrenta una alta dependencia de fuentes de energía no renovables como el gas natural y la electricidad generada por combustibles fósiles, lo que contribuye a la huella de carbono y genera inestabilidad económica. Esta tesis explora cómo la implementación de energías renovables, particularmente la fotovoltaica y la eólica, puede transformar las viviendas ecológicas en la región de Ica, mejorando la eficiencia energética, reduciendo las emisiones de carbono y ofreciendo independencia energética a las comunidades rurales.

El estudio describe cómo la energía fotovoltaica y eólica, instaladas en viviendas, tienen el potencial de cubrir completamente las necesidades energéticas de las familias. Se analizaron las barreras y facilitadores para la adopción de estas tecnologías, considerando el contexto local, las percepciones de los residentes y los impactos ambientales y económicos. Además, se realizó un análisis financiero sobre la viabilidad de los paneles solares y aerogeneradores para cubrir el consumo energético promedio de las viviendas.

Los resultados muestran que, con incentivos adecuados y una correcta instalación, las viviendas en Ica podrían reducir su consumo de energía convencional en un 50-100%, mejorando la sostenibilidad y resiliencia de las comunidades. Sin embargo, se destacan los desafíos financieros y la necesidad de subsidios para fomentar la adopción masiva de tecnologías renovables en la región.

**Palabras clave:** Energía renovable, fotovoltaica, eólica, viviendas ecológicas, Ica, sostenibilidad.

## ABSTRACT

The city of Ica, Peru, faces a high dependence on non-renewable energy sources such as natural gas and fossil fuel generated electricity, which contributes to its carbon footprint and generates economic instability. This thesis explores how the implementation of renewable energy, particularly photovoltaic and wind, can transform green housing in the Ica region, improving energy efficiency, reducing carbon emissions and providing energy independence to rural communities.

The study describes how photovoltaic and wind energy, installed in homes, have the potential to fully cover the energy needs of families. Barriers and facilitators to the adoption of these technologies were analyzed, considering the local context, residents' perceptions, and environmental and economic impacts. In addition, a financial analysis was conducted on the feasibility of solar panels and wind turbines to cover the average energy consumption of households.

The results show that, with appropriate incentives and proper installation, homes in Ica could reduce their conventional energy consumption by 50-100%, improving the sustainability and resilience of the communities. However, financial challenges and the need for subsidies to encourage the massive adoption of renewable technologies in the region are highlighted.

**Keywords:** Renewable energy, photovoltaic, wind, ecological housing, Ica, sustainability.

## I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Ica, una gran parte de la población carece de conocimiento sobre los mecanismos de mitigación del cambio climático, lo que se refleja en actitudes y comportamientos cotidianos que incrementan la contaminación. Este desconocimiento contribuye al aumento de la contaminación proveniente de fuentes como el transporte automotor, el consumo excesivo de energía eléctrica y agua, y la generación de residuos sólidos. Estas acciones, a largo plazo, se convierten en problemas significativos tanto para la municipalidad como para la sociedad en general. Es imperativo estudiar esta falta de conocimiento y desarrollar estrategias efectivas para mitigar la producción de contaminantes y controlar su impacto.

En América Latina y el Caribe, más del 50% de la población reside en zonas altamente vulnerables al cambio climático, lo que se traduce en riesgos significativos como precipitaciones extremas, deslizamientos de tierra, sequías, escasez de alimentos y amenazas para la salud pública. Desde 1990, la región ha experimentado un crecimiento urbano constante, con un incremento notable en las ciudades intermedias, donde la expansión de áreas residenciales informales se ha duplicado. Esta dinámica ha agravado la segregación social y la falta de acceso a suelo urbano, elementos que resultan esenciales al momento de evaluar la vulnerabilidad de las ciudades intermedias frente al cambio climático.

### **Planteamiento del Problema**

La ciudad de Ica y sus alrededores enfrentan una alta dependencia de fuentes de energía no renovables, como el gas natural y la electricidad generada por combustibles fósiles. Esta dependencia no solo contribuye significativamente a la huella de carbono de la región, sino que también expone a los residentes a fluctuaciones en los precios del mercado energético, lo que afecta su estabilidad económica.

La generación de energía a partir de combustibles fósiles tiene impactos ambientales considerables, incluyendo la contaminación del aire, la degradación del suelo y la contribución al cambio climático. Estos efectos son especialmente críticos en una región como Ica, que es susceptible a condiciones climáticas extremas y fenómenos naturales adversos.

En las zonas rurales y periurbanas de Ica, el acceso a la red eléctrica convencional es limitado. La implementación de energías renovables, como la solar y la eólica, podría ofrecer soluciones descentralizadas y autónomas para satisfacer las necesidades energéticas de las viviendas, mejorando la calidad de vida y reduciendo la brecha energética.

Además, la falta de políticas claras y de incentivos gubernamentales frena la adopción generalizada de energías renovables en las viviendas de Ica. Es crucial promover marcos regulatorios favorables, subsidios y programas de financiamiento que faciliten la transición hacia un modelo energético más sostenible y resiliente en la región.

## **1.1. Antecedentes de la Investigación**

La presente investigación se sustenta en una base científica y teórica conformada por trabajos previos de alcance internacional, nacional y local. Estas investigaciones, realizadas con anterioridad, guardan una relación directa con la problemática abordada en este estudio, lo que permite contextualizar y fundamentar su desarrollo.

### **1.2.1 Antecedentes Internacionales**

En el año 2020, D. García presentó una investigación titulada “Sobre la energía renovable y la economía descarbonizada”, en la cual se destacan los principales retos de la gobernanza energética. Estos incluyen el acceso y la seguridad energética, el cambio climático y otros impactos ambientales, así como el desarrollo económico y social. El estudio analiza los vínculos entre la energía renovable y dichos desafíos, explorando las oportunidades que esta ofrece para avanzar hacia una economía próspera, descarbonizada e inclusiva desde una perspectiva de política pública. La investigación se basó en una revisión sistemática de la literatura en el ámbito de la gobernanza energética global y un análisis histórico del sector eléctrico en Costa Rica. También examinó los principales instrumentos de política relacionados con tres metas clave: acceso energético, sostenibilidad ambiental y desarrollo económico. Como parte del estudio, se analizó el Plan de Descarbonización al 2050, utilizando un enfoque cualitativo a través del método process-tracing. El marco teórico integró conceptos de gobernanza, bienes públicos y el rol central del Estado. Los resultados principales indicaron que el modelo eléctrico de Costa Rica produce casi el 100% de su electricidad a partir de fuentes renovables. Sin embargo, a pesar de este logro, el sector enfrenta desafíos importantes, como la necesidad de expandir el uso de energías renovables a otros sectores, particularmente el transporte, para reducir emisiones y dinamizar la economía. El Plan de Descarbonización identifica oportunidades para orientar el sistema de gobernanza energética hacia metas climáticas y, al mismo tiempo, reactivar la economía de manera sostenible a largo plazo. No obstante, su alcance es limitado en términos de inclusión social”. [1].

En el año 2018, S. Ordoñez planteó un estudio enfocado en la problemática de la desigual distribución demográfica en Argentina, identificándola como un inconveniente que requiere ser abordado. Según el autor, esta situación no debería ser percibida como un proceso complejo o costoso. Mediante la implementación de sistemas independientes de energía, se propone una solución sostenible a largo plazo, que permita redistribuir la población y mejorar la calidad de vida en áreas con baja densidad poblacional. El proyecto toma como base la implementación de energías renovables en zonas remotas donde la infraestructura energética, tanto privada como estatal, es inexistente o insuficiente. El área de estudio seleccionada para este análisis fue la localidad de El Alfarcito, en la provincia de Salta. Se evaluaron las dificultades y necesidades para alcanzar los objetivos planteados, en un contexto que refleja condiciones similares a las que

se repiten en muchas regiones del interior del país. El autor propone que el acceso a la energía en estas áreas podría fomentar el desarrollo de economías locales, contribuyendo a frenar el abandono de pueblos y la migración hacia polos industriales y grandes ciudades. Además, se analiza el proyecto gubernamental PERMER, argumentando por qué este no es comparable con lo desarrollado en el presente trabajo. El desafío central radica en demostrar que es posible revertir la situación actual, mostrando que en regiones alejadas y con escasos recursos se pueden desarrollar economías sostenibles mediante el uso de energías renovables. La propuesta no se enfoca en cómo estas energías pueden integrarse a la red nacional de energía eléctrica, sino en desarrollar sosteniblemente áreas donde la red energética no está presente. Finalmente, el estudio busca confirmar la viabilidad de desarrollar regiones poco pobladas a través de la implementación de sistemas de energía renovable, promoviendo el bienestar individual y colectivo”.

[2].

En el año 2018, M. Chaparro llevó a cabo un estudio que aborda los efectos del desarrollo y crecimiento global en ámbitos económicos, sociales, ambientales y políticos, destacando los procesos y alteraciones que han surgido para alcanzar estos objetivos. Dichos escenarios requieren intervención y ajustes, ya que aspectos como el manejo de recursos, materias primas, tecnología, cadenas de producción y factores internos y externos repercuten significativamente en el medio ambiente. El estudio propone e incentiva la implementación de energías renovables como una estrategia para mitigar impactos ambientales, controlar emisiones y satisfacer las necesidades de la sociedad. Estas energías se presentan como una herramienta de implementación casi inmediata debido a su naturaleza y disponibilidad. En diversas regiones del mundo, la transición hacia energías renovables ha sido recibida de manera positiva, subrayando la necesidad de modificar las formas tradicionales de obtención de energía, las cuales impactan directamente en el clima y el tiempo. Chaparro realiza un análisis comparativo entre dos países con enfoques distintos en la implementación de energías renovables, identificando factores influyentes en este proceso. Entre estos factores se incluyen el interés en la temática, el análisis de emisiones, las condiciones industriales y la inversión en conocimiento y tecnología respaldada por legislación. Estos elementos son fundamentales para la transición de sistemas tradicionales a renovables. El estudio también señala que el cambio climático constituye una limitación significativa para la implementación de energías renovables. Este fenómeno influye en los recursos naturales necesarios, como la velocidad del viento, el vapor de agua y la radiación solar, generando variaciones que afectan la eficiencia de las tecnologías empleadas. Estas fluctuaciones representan una barrera para los interesados en invertir en este sector. El análisis destaca las diferencias entre China y Colombia. Aunque China no posee una riqueza notable en recursos naturales, se ha consolidado como una potencia y líder en energías renovables. Por otro lado, Colombia, reconocida como uno de los países más biodiversos y con abundancia de recursos naturales, aún enfrenta desafíos para aprovechar plenamente su potencial en este ámbito.” [3].

### **1.2.2. Antecedentes Nacionales**

En el año 2022, M. Pepuche planteó un análisis sobre el crecimiento y evolución del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) desde su creación en el año 2000, cuando se puso en funcionamiento la línea de transmisión Mantaro-Socabaya. En el año 2010, con la aplicación de las leyes de la segunda reforma del sector eléctrico y la creación del Sistema Nacional Garantizado de Energía Eléctrica, se iniciaron medidas para promover las energías renovables no convencionales mediante subastas organizadas por Osinergmin. Estas iniciativas se orientaron a alcanzar un 5% de la producción energética nacional mediante fuentes renovables. En el mediano plazo, el SEIN ha impulsado una campaña de descarbonización de la matriz energética peruana, enfocándose en aumentar la eficiencia de los motores de combustión interna a través de la programación electrónica de motores en vehículos y el uso de hidrógeno verde producido mediante pirólisis del agua. Este enfoque busca incrementar progresivamente el porcentaje de descarbonización en el sector energético del país. En cuanto a la tecnología solar, se ha comenzado a implementar el uso de concentradores solares de alta capacidad en el Perú. Estos sistemas utilizan colectores parabólicos combinados con tecnología de ciclo de vapor Rankine operando a temperaturas y presiones hipercríticas. Además, se han introducido nuevos equipos térmicos como economizadores, calentadores, sobrecalentadores y dispositivos adicionales para optimizar los procesos en centrales de concentradores solares. Un factor clave en esta tecnología es el uso de sales fundentes, que mejoran significativamente la eficiencia termodinámica en los procesos térmicos. En particular, la instalación de concentradores solares en la región sur del Perú ha permitido aprovechar los altos niveles de radiación solar, logrando una alta eficiencia en la utilización de energía solar térmica. Este desarrollo ha resultado en niveles elevados de producción energética y costos de instalación cada vez más reducidos gracias a los avances tecnológicos. Los proyectos basados en concentradores solares ofrecen viabilidad económica y financiera, garantizando procesos eficientes de generación eléctrica. Además, los flujos de caja generados por estos proyectos presentan valores aceptables de VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno), lo que refuerza su sostenibilidad y atractivo como inversión.” [4].

En el año 2020, P. Cabeza desarrolló una investigación sobre las energías renovables en el país, analizando su potencial y los desafíos institucionales que han obstaculizado el cumplimiento de las metas establecidas en el Plan Energético Nacional 2014-2025. Este plan tenía como objetivo cubrir el 5% del consumo energético nacional de electricidad mediante energías no convencionales, una meta que no ha sido alcanzada debido a la debilidad institucional que limita la viabilidad de las políticas públicas para fomentar el uso de estas fuentes energéticas, así como la ausencia de un planteamiento estratégico adecuado. La investigación examina las vulnerabilidades del país frente al cambio climático y su elevada dependencia de energías contaminantes para sostener su matriz energética. Mediante un análisis de las normativas que regulan las energías renovables en el país y una comparación con otras legislaciones, el estudio

busca proponer soluciones que promuevan el desarrollo de energías renovables no convencionales. El objetivo principal de esta propuesta es no solo reducir los niveles de contaminación, sino también disminuir las brechas de desigualdad que se generan a partir de esta problemática, promoviendo una transición energética más inclusiva y sostenible.” [5].

En el año 2018, U. Baca y P. Aita, en su artículo, analizaron el estado del sector energético en relación con los recursos energéticos renovables no convencionales a nivel mundial, regional y nacional. El estudio se estructura en tres enfoques principales: En primer lugar, se presenta un análisis descriptivo y exploratorio sobre las políticas globales relacionadas con la lucha contra el cambio climático desde el sector energético, con énfasis en la mitigación de los gases de efecto invernadero. En segundo lugar, se aborda la variable económica en las estrategias de escalamiento y espacialización de las energías renovables, centrándose en el aprovechamiento de las fuentes energéticas renovables no convencionales. También se describen las políticas públicas vigentes para la promoción de las energías renovables y la eficiencia energética, destacando sus limitaciones actuales. Finalmente, el artículo propone lineamientos específicos para el diseño y ejecución de programas y proyectos de sistemas de energía sostenible en entornos urbanos, periurbanos y rurales, considerando tanto los sectores industrial como residencial.” [6].

Finalmente, el artículo presenta un conjunto de recomendaciones de políticas públicas dirigidas a promover una reingeniería en la actual Política Energética Nacional para el período 2018-2025. Estas recomendaciones tienen como objetivo principal permitir que el Estado cumpla con las Contribuciones Nacionales Determinadas en relación con la mitigación de los gases de efecto invernadero. En este contexto, resulta relevante destacar que el enfoque de la seguridad energética nacional ofrece una base para analizar y reflexionar en mayor profundidad sobre el denominado «trilema energético», que incluye tres dimensiones fundamentales: Seguridad energética, Equidad energética y Sostenibilidad energética” [6].

### **1.2.3. Antecedentes Locales**

En el año 2022, R. Ormeño, en su trabajo de investigación, analizó las problemáticas asociadas al progreso sostenible en relación con los estudios sobre la energía producida por el viento. El propósito principal fue examinar el impacto de esta fuente energética en la reducción de los gases de efecto invernadero. Para lograr este objetivo, se realizaron encuestas que permitieron identificar diversas normas relacionadas con el progreso sostenible y obtener datos específicos sobre la contaminación ambiental generada por los estudios eólicos. Los principios evaluados en las preguntas se definieron a partir de una exploración bibliográfica y de la retroalimentación proporcionada por los habitantes de las áreas de estudio, ubicadas en la región de Ica. Entre los criterios considerados se incluyeron: la aprobación social, la rentabilidad social, los efectos culturales, el impacto ambiental, la utilidad económica y los criterios técnico-ecológicos. Los valores obtenidos fueron analizados mediante una técnica de observación multicriterio basada en

relaciones de favoritismo. A cada uno de los indicadores se les asignó un peso equitativo. La matriz de Leopold fue empleada para determinar un promedio de las relaciones de aceptación según los datos recopilados, lo que permitió seleccionar los lugares de estudio en función de los resultados obtenidos. Adicionalmente, se valoró la aprobación social, y los datos fueron examinados cualitativamente, proporcionando una visión integral del impacto social, ambiental y económico de los estudios eólicos en la región.” [7].

## **1.2. Teoría Relacionada al Tema**

### **Energía eólica y desarrollo sostenible**

La energía eólica, una fuente cada vez más importante y confiable, se ha materializado como un faro prometedor en la búsqueda de alternativas que se integren perfectamente con los principios del desarrollo sostenible. Esta forma de producción de energía renovable y neutra en carbono no sólo satisface de manera competente las demandas energéticas globales actuales, sino que extiende sus beneficios aún más al ámbito de la conservación del medio ambiente.

Comprometidos con la tarea de mitigar nuestra huella ambiental, la implementación de la energía eólica tiene como objetivo reducir drásticamente los efectos perjudiciales que trae consigo la producción de energía tradicional basada en combustibles fósiles. Presenta una solución eficaz, que sirve como antídoto al problema cada vez mayor de las emisiones de gases de efecto invernadero, que son los principales responsables del ritmo acelerado del calentamiento global y el cambio climático.

Adoptar la energía eólica permite a las sociedades de todo el mundo dar un paso adelante hacia un futuro limpio, sostenible y más verde. De hecho, representa un excelente ejemplo de cómo los avances tecnológicos en la producción de energía pueden coincidir armoniosamente con el mantenimiento de la integridad de nuestro ecosistema global. Al priorizar hoy estas prácticas sostenibles, estamos asegurando un mundo más resiliente y equilibrado para las generaciones venideras.

### **Energía fotovoltaica y el desarrollo sostenible**

La energía fotovoltaica utiliza la radiación solar para generar electricidad, sin emitir contaminantes ni gases de efecto invernadero durante su operación. Esto ayuda a reducir la huella de carbono y otros impactos ambientales asociados con la generación de energía convencional basada en combustibles fósiles. La radiación solar es una fuente de energía prácticamente inagotable y está disponible en todo el mundo. Esto hace que la energía fotovoltaica sea accesible en una amplia gama de ubicaciones geográficas, desde áreas urbanas hasta regiones rurales o remotas, donde el acceso a la red eléctrica puede ser limitado. La adopción de energía fotovoltaica impulsa el desarrollo económico al diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de importaciones de combustibles fósiles. Además, el sector de la energía solar crea oportunidades significativas de empleo en la fabricación, instalación, mantenimiento y gestión de sistemas fotovoltaicos. Los sistemas fotovoltaicos pueden ser instalados de manera descentralizada y

modular, lo que mejora la resiliencia energética al proporcionar una fuente de energía más estable y confiable en comparación con sistemas centralizados que pueden ser vulnerables a interrupciones. El uso de la energía fotovoltaica representa una contribución significativa a la mejora de la calidad del aire, ya que reduce las emisiones de contaminantes locales y regionales generados por la quema de combustibles fósiles. Además, esta tecnología tiene el potencial de disminuir la pobreza energética al proporcionar acceso a energía limpia y asequible a comunidades que previamente carecían de un suministro eléctrico confiable. La energía fotovoltaica se encuentra alineada con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas, tales como el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), el ODS 13 (Acción por el clima) y el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), entre otros. Su implementación contribuye a avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente, beneficiando tanto a las generaciones presentes como a las futuras.

### **Viviendas ecológicas**

Las viviendas ecológicas, también conocidas como viviendas sostenibles o eco-viviendas, son construcciones diseñadas y operadas con el objetivo de minimizar su impacto ambiental negativo y maximizar la eficiencia en el uso de recursos naturales durante su ciclo de vida completo. Este concepto se fundamenta en varios principios clave:

Las viviendas ecológicas están diseñadas para reducir el consumo de energía mediante la implementación de técnicas como aislamiento térmico eficiente, ventilación natural, iluminación LED, y la integración de tecnologías renovables como paneles solares para generación de electricidad.

Se prefieren materiales de construcción que minimicen el impacto ambiental en su extracción, fabricación, transporte y disposición final. Esto puede incluir el uso de maderas certificadas, materiales reciclados o reciclables, y técnicas de construcción que reduzcan la cantidad de residuos generados.

Las viviendas ecológicas suelen incorporar sistemas de recolección de agua de lluvia, griferías de bajo flujo, y tecnologías de tratamiento de aguas residuales para reducir el consumo de agua potable y mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

Se prioriza la salud y el confort de los ocupantes mediante estrategias que promuevan una buena calidad del aire interior, como sistemas de ventilación eficientes y materiales de construcción no tóxicos que minimicen la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs).

La ubicación de las viviendas ecológicas se considera cuidadosamente para minimizar la huella ecológica asociada con el transporte y para aprovechar características naturales como la luz solar y los patrones de viento. El diseño arquitectónico también busca maximizar la eficiencia espacial y funcional, promoviendo un estilo de vida sostenible y adaptable.

### **Viviendas no ecológicas**

Las viviendas no ecológicas, en contraste con las viviendas ecológicas o sostenibles, son aquellas construcciones que no están diseñadas ni operadas con el objetivo principal de minimizar su impacto ambiental o promover la eficiencia en el uso de recursos naturales durante su ciclo de vida. Algunas características típicas de las viviendas no ecológicas:

Suelen carecer de medidas eficaces para reducir el consumo de energía, como el aislamiento deficiente, ventanas ineficientes que permiten pérdidas térmicas significativas, y sistemas de calefacción y refrigeración que no están optimizados para el uso eficiente de energía.

Se utilizan materiales de construcción convencionales que pueden tener un alto impacto ambiental en su producción, transporte y disposición final. Estos materiales no suelen ser seleccionados por su sostenibilidad o su capacidad de reciclaje.

Las viviendas no ecológicas pueden carecer de sistemas avanzados para la gestión eficiente del agua, como sistemas de recolección de agua de lluvia, griferías de bajo flujo o sistemas de tratamiento de aguas grises.

Pueden presentar problemas de calidad del aire interior debido a la falta de ventilación adecuada, el uso de materiales que liberan compuestos orgánicos volátiles (COVs), o la presencia de contaminantes internos derivados de productos de limpieza y mobiliario.

La ubicación y el diseño de las viviendas no están planificados para maximizar la eficiencia energética, el aprovechamiento de recursos naturales como la luz solar, o la reducción de la huella ecológica asociada con el transporte y el uso de servicios públicos.

Las viviendas no ecológicas suelen caracterizarse por un enfoque tradicional que prioriza la funcionalidad inmediata y el costo económico sobre consideraciones ambientales y de sostenibilidad a largo plazo. Este tipo de construcciones pueden tener un impacto mayor en el medio ambiente y en la salud de los ocupantes en comparación con las viviendas diseñadas con criterios ecológicos y sostenibles.

### **Teoría del desarrollo sostenible**

La teoría del desarrollo sostenible plantea que el progreso económico debe ser equitativo y respetuoso con el medio ambiente, satisfaciendo las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. En este contexto, la implementación de energías renovables en la región de Ica se considera un avance hacia la sostenibilidad, contribuyendo a la reducción de la huella ecológica y a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes..

### **Teoría de la transición energética**

Esta teoría aborda el proceso mediante el cual una sociedad cambia su fuente de energía principal, pasando de combustibles fósiles a fuentes renovables. En Ica, la transición hacia la energía renovable puede analizarse desde esta perspectiva, considerando los desafíos y beneficios asociados con la diversificación de la matriz energética y la reducción de la dependencia de recursos no renovables.

### **Teoría de la adopción de tecnología**

Esta teoría examina los factores que influyen en la aceptación y adopción de nuevas tecnologías por individuos y organizaciones. Aplicada a la energía renovable en Ica, puede explorar qué factores facilitan u obstaculizan la implementación de tecnologías como la energía solar y eólica en el contexto local, considerando aspectos económicos, sociales, políticos y culturales.

### **Teoría económica de externalidades**

Esta teoría explora los efectos externos positivos o negativos que las actividades económicas pueden tener sobre terceros no involucrados directamente en la actividad. En el caso de las energías renovables en Ica, puedes analizar cómo la reducción de externalidades negativas (como la contaminación atmosférica y los costos asociados a la salud) puede justificar económicamente la inversión en tecnologías limpias.

### **Teoría de la gobernanza ambiental**

Esta teoría examina cómo las políticas públicas, la regulación y la participación de los actores sociales pueden influir en la gestión ambiental y la sostenibilidad. En Ica, la implementación de energías renovables puede beneficiarse de marcos regulatorios claros, incentivos fiscales y participación comunitaria para garantizar su efectividad y aceptación.

### **Sistema eléctrico interconectado Nacional (SEIN)**

El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú (SEIN) se define como el conjunto de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas interconectadas, junto con todos los centros de despacho de carga existentes en el país. Este sistema permite la transferencia de energía eléctrica entre los diferentes sistemas de generación, garantizando un suministro eficiente y coordinado de electricidad a nivel nacional.

### **Sistema eléctrico en el Perú**

El sector eléctrico del Perú comprende las siguientes actividades principales: generación, transmisión, distribución, comercialización y operación del sistema. Generación eléctrica: Consiste en la transformación de un tipo inicial de energía (térmica, mecánica, solar, entre otras) en energía eléctrica. Es importante destacar la necesidad de contar con infraestructura adecuada para el transporte de la energía, ya que las distancias entre las zonas de generación y los puntos de demanda suelen ser considerables (Osinergmin, 2011). Transmisión de energía eléctrica: La energía generada se transporta mediante líneas de transmisión, que cubren grandes distancias utilizando voltajes elevados para minimizar las pérdidas de energía. Esta actividad es conocida como transmisión de energía eléctrica (Osinergmin, 2011). Distribución eléctrica: Consiste en la entrega de energía eléctrica al usuario final, transportándola desde el sistema de transmisión hasta los centros de consumo finales (Osinergmin, 2011). Comercialización eléctrica: Esta actividad se divide en dos niveles:

Mayorista: Referido a la comercialización entre generadores y distribuidores, además de las transacciones en el mercado eléctrico.

Minorista: Implica la comercialización directa con los usuarios regulados del servicio (Osinermin, 2011). Dentro de la organización del sector eléctrico, se encuentra el operador del sistema eléctrico, responsable del despacho económico de electricidad. Este operador administra la producción de las centrales de generación eléctrica siguiendo un orden de mérito basado en los costos variables, asegurando que la demanda sea cubierta en cada instante. En el Perú, este operador se denomina Comité de Operación Económica del Sistema (COES) (Osinermin, 2011).

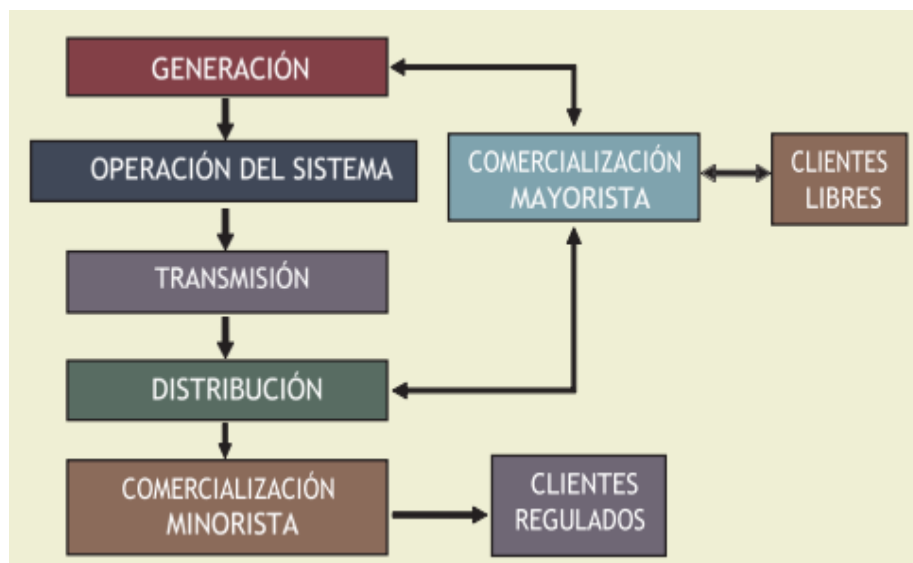


Fig. 1 Mapa sistema eléctrico del Perú.

### Comercialización eléctrica

La comercialización eléctrica constituye una actividad complementaria al proceso físico de generación y transporte de electricidad. Su función principal consiste en establecer la conexión entre el transporte de electricidad desde los centros de generación y su entrega al cliente final. Esta actividad se clasifica en dos categorías fundamentales: Comercialización mayorista:

Comprende las transacciones realizadas entre generadores y distribuidores.

Comercialización minorista: Enfocada en la provisión de electricidad a clientes regulados (Osinermin, 2016). De manera similar a la generación de energía eléctrica, la comercialización presenta características propias de un mercado competitivo, lo que permite la participación de un amplio número de operadores. En el caso del Perú, la comercialización minorista se encuentra integrada a la actividad de distribución eléctrica (Osinermin, 2016). Asimismo, la comercialización brinda a los consumidores la oportunidad de seleccionar a sus proveedores de energía eléctrica dentro del mercado mayorista. El grado de competencia en este entorno depende de factores como la estructura de precios, los niveles de calidad del servicio y los

beneficios adicionales ofrecidos por los concesionarios a los usuarios finales, ya sean regulados o libres (Osinergmin, 2016).

## **Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general:**

PG1: ¿Qué ENERGÍAS RENOVABLES se puede aplicar como motor de transformación a las VIVIENDAS en la CIUDAD DE ICA, Provincia y Región de Ica, año 2022?

### **1.4.2. Problemas Específicos**

PE1: ¿En qué medida la ENERGÍA FOTOVOLTAICA influye en las VIVIENDAS ECOLOGICAS?

PE2: ¿En qué medida la ENERGÍA EOLICA influye en las VIVIENDAS ECOLOGICAS?

## **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

### **1.5.1. Justificación**

El cambio climático es una realidad global que afecta a todos, incluyendo a Ica. Las actividades humanas están elevando las temperaturas y aumentando los riesgos de eventos hidrometeorológicos extremos. Este proyecto proporcionará información crucial para que los habitantes de Ica puedan adoptar medidas de mitigación efectivas y contribuir así a la reducción de los efectos adversos del cambio climático en la región. La investigación no solo busca implementar tecnologías de energías renovables, sino también educar y concienciar a la población local, así como a los estudiantes de la Facultad. La educación juega un papel crucial como motor de cambio positivo, capacitando a los ciudadanos para que comprendan y apliquen conocimientos prácticos en preservación ambiental y sostenibilidad energética. Ica cuenta con abundantes recursos naturales como la radiación solar intensa y, en algunas zonas, potencial eólico. Aprovechar estas fuentes de energía renovable no solo diversifica la matriz energética local, sino que también reduce la dependencia de combustibles fósiles, contribuyendo a la seguridad energética y económica de la región. La implementación de tecnologías renovables promueve el desarrollo tecnológico local y puede generar nuevas oportunidades económicas, como la creación de empleos en sectores emergentes y la atracción de inversiones en infraestructura energética sostenible. Al adoptar energías renovables, la ciudad de Ica se alinea con compromisos globales como el Acuerdo de París y demuestra liderazgo en la lucha contra el cambio climático a nivel local. Esto no solo mejora la calidad de vida de sus habitantes, sino que también fortalece su imagen como una comunidad comprometida con la sostenibilidad ambiental.

la implementación de energías renovables en las viviendas de Ica en 2022 no solo responde a la necesidad urgente de mitigar el cambio climático y sus efectos adversos, sino que también representa una oportunidad para educar, desarrollar tecnológicamente y mejorar la resiliencia económica de la región frente a los desafíos energéticos del siglo XXI.

## **1.4. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Describir como las ENERGIAS RENOVABLES influye como motor de transformación en las VIVIENDAS en la ciudad de Ica.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

OE1: Demostrar como la ENERGIA FOTOVOLTAICA influye en las VIVIENDAS ECOLOGICAS.

OE2: Averiguar como la ENERGIA EOLICA influye en las VIVIENDAS ECOLOGICAS.

## **1.5. Hipótesis y variables de la investigación**

### **1.7.1. Hipótesis**

Hipótesis general:

Verificar que las ENERGIAS RENOVABLES influyen como motor de transformación en las VIVIENDAS en la CIUDAD DE ICA.

Hipótesis específicas:

HE1: Analizar como la ENERGIA FOTOVOLTAICA influye en la VIVIENDA ECOLOGICA.

HE2: Verificar como la ENERGIA EOLICA influye en las VIVIENDAS ECOLOGICAS.

## II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

### 2. .1. Diseño de la investigación

La presente investigación adoptó un diseño exploratorio y descriptivo. Este enfoque permitió examinar y describir la situación actual y las posibles soluciones relacionadas con la implementación de energías renovables, sin manipular variables ni aplicar tratamientos específicos.

#### 2.1.1. Tipo de investigación

El estudio se clasificó como investigación de campo, ya que implicó la recolección de datos directamente del entorno real en la región de Ica, observando y documentando la implementación de tecnologías renovables en las viviendas y su impacto en la comunidad.

#### 2.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación se definió como descriptivo y cualitativo, centrándose en describir las características actuales del consumo energético en las viviendas de Ica. También se analizaron las percepciones, actitudes y experiencias de los residentes respecto a la adopción de tecnologías renovables.

### 2.2. Variables y operacionalización

#### 2.2.1. Problema general

##### **Variable independiente: Implementación de energías renovables**

Se refiere al proceso de integrar y utilizar tecnologías y sistemas que aprovechan fuentes de energía natural y sostenible, como la solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y biomasa. Este proceso busca reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables, como los combustibles fósiles, y mitigar los impactos ambientales asociados con la generación de energía. El concepto implica la adopción y adaptación de infraestructuras y políticas que fomenten el uso eficiente y responsable de los recursos energéticos disponibles. Este enfoque contribuye a la sostenibilidad ambiental, la seguridad energética y el desarrollo económico sostenible a largo plazo.

##### **Variable Dependiente** transformación en las viviendas

se refiere al proceso integral de modificar o adaptar las estructuras residenciales existentes para mejorar su eficiencia energética, reducir su impacto ambiental y aumentar la calidad de vida de sus habitantes. Esto puede incluir la implementación de tecnologías y prácticas sostenibles como la instalación de sistemas de energía renovable (paneles solares, calentadores solares), mejoras en la eficiencia energética (aislamiento térmico, ventanas eficientes), la gestión y reutilización de recursos (sistemas de recolección de agua de lluvia, tratamiento de aguas grises), y la integración de diseño bioclimático que aproveche las condiciones naturales del entorno.

La transformación de las viviendas busca no solo reducir el consumo de recursos no renovables y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también promover un entorno

habitable más saludable y confortable para sus ocupantes. Además, puede contribuir significativamente a la resiliencia ante eventos climáticos extremos y a la adaptación a los desafíos ambientales y sociales del futuro.

### **2.2.2. De las Dimensiones**

**Variable Independiente :** Implementación de las energías renovables

- Instalación de paneles solares fotovoltaicos
- Instalación de generadores eólicos para domicilios.
- Medición del número de viviendas equipadas con paneles solares.
- Medición del número de viviendas equipadas con generadores eólicos domiciliarios.
- Cálculo de la capacidad instalada en kilovatios pico (kWp).

**Variable Dependiente:** transformación en las viviendas.

- Reducción del consumo energético.
- Evaluación del impacto ambiental positivo mediante indicadores como la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Encuestas de satisfacción sobre la comodidad térmica y el rendimiento de las tecnologías renovables.

### **2.3. Población y muestra**

#### **Población**

La población se define como el conjunto de todos los casos que cumplen con determinadas especificaciones (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 174).

La población en este caso serían todas las viviendas ubicadas en la ciudad de Ica, provincia y región Ica, Perú, que podrían potencialmente beneficiarse o estar involucradas en la implementación de tecnologías de energías renovables.

Viviendas urbanas y rurales: Tanto en zonas urbanas de la ciudad de Ica como en áreas rurales de la provincia y región Ica.

Diversidad socioeconómica: Viviendas de diferentes estratos socioeconómicos que puedan considerar la adopción de tecnologías renovable.

#### **Muestra**

Subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de ésta” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 173).

La muestra consistiría en un subconjunto representativo de estas viviendas seleccionadas de manera que permita obtener conclusiones válidas y aplicables a la población completa. Debido a la dimensión de la población, la muestra son viviendas seleccionadas de forma aleatorias en diferentes áreas de la ciudad y provincia de Ica para asegurar representatividad.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En el contexto del estudio sobre la implementación de energías renovables en viviendas de la provincia y región de Ica durante el año 2022, se empleó el análisis documental como herramienta principal para la obtención de información clave a partir de fuentes documentales existentes. Se identificaron y recopilamos documentos como políticas locales, informes de instituciones gubernamentales y no gubernamentales, estudios académicos previos y otros documentos técnicos relacionados con energías renovables y desarrollo urbano en la región de Ica.

En el año 2020, el Ministerio de Energía y Minas otorgó a ENEL GREEN POWER PERÚ S.A.C. una concesión definitiva para desarrollar actividades de generación de energía eléctrica mediante recursos energéticos renovables en el proyecto Central Eólica Wayra Extensión. Este proyecto, ubicado en el distrito de Marcona, provincia de Nasca, departamento de Ica, cuenta con una potencia instalada de 108 MW. Las condiciones específicas de este otorgamiento se detallan en la Resolución Ministerial correspondiente y el contrato de concesión aprobado en dicha resolución [8]. Asimismo, en el año 2021, el Ministerio de Energía y Minas otorgó a ENGIE ENERGÍA PERÚ S.A. la concesión definitiva para desarrollar actividades de generación de energía eléctrica con recursos energéticos renovables en el proyecto Central Eólica Punta Lomitas. Este proyecto, con una potencia instalada de 260 MW, se encuentra ubicado en el distrito de Ocucaje, provincia y departamento de Ica [9].

Se observa que la región de Ica, durante los años 2020 y 2021, ha emergido como un frente relevante para el desarrollo de energías renovables en el Perú. Este crecimiento podría incrementarse en los próximos años debido al significativo potencial eólico y fotovoltaico que posee la región, posicionándola como una área estratégica para la implementación de estas tecnologías. Para obtener información teórica, se utilizaron fuentes secundarias, recurriendo a bibliotecas, recursos en línea y otras fuentes de información documental. La información recopilada se fundamentó en libros, revistas, periódicos, publicaciones, normas legales, diccionarios y enciclopedias. Esta información fue sintetizada a través de fichas textuales, lo que permitió ordenar de manera coherente los datos relevantes para el tema de investigación, facilitando el logro de los objetivos y la contrastación de la hipótesis planteada.

#### **Encuesta estructurada**

Se utilizó una encuesta estructurada como instrumento principal para la recolección de datos de manera directa. Este procedimiento permitió obtener información adecuada sobre el tema en estudio. La encuesta estuvo conformada por un número considerable de ítems, diseñados en función de los indicadores previamente establecidos. La técnica se aplicó a estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica mediante un formulario en línea, asegurando la recopilación de datos de manera eficiente y adaptada a las necesidades del estudio.

Este cuestionario contiene preguntas sobre el tipo de tecnologías renovables implementadas (paneles solares, aerogeneradores domiciliarios, sistemas de calentamiento de agua solar), razones para su adopción, satisfacción con el rendimiento y barreras percibidas.

Se explico el propósito del estudio, garantizando la confidencialidad de las respuestas y se busco la participación, recopila y organiza los datos recolectados del cuestionario.

Las preguntas ayudaron a recopilar información sobre la adopción específica de tecnologías renovables en las viviendas encuestadas, proporcionando datos valiosos para el estudio sobre implementación de energías renovables en Ica.

#### **2.4.2. Contrastación de la hipótesis.**

La contrastación de hipótesis es un proceso fundamental en la investigación científica que implica evaluar si las observaciones y datos recopilados apoyan o refutan la hipótesis planteada inicialmente. Aquí te explico cómo podrías llevar a cabo este proceso para tu estudio sobre la implementación de energías renovables como motor de transformación en viviendas de Ica:

Hipótesis Nula (H0): No hay diferencia significativa en el consumo de energía entre viviendas con y sin paneles solares en Ica.

Hipótesis Alternativa (H1): Hay una diferencia significativa en el consumo de energía entre viviendas con y sin paneles solares en Ica.

Tras analizar los datos recolectados, encuentras que hay una correlación positiva y significativa entre la implementación de paneles solares en viviendas de Ica y la reducción del consumo de energía convencional. Este hallazgo apoyaría la hipótesis alternativa (H1) de que la implementación de energías renovables contribuye a la transformación energética de las viviendas.

En contraste, si los datos no muestran una relación significativa entre la adopción de energías renovables y la transformación de las viviendas según los criterios establecidos, esto podría llevar a no rechazar la hipótesis nula (H0), indicando que no hay suficiente evidencia para afirmar que existe una relación.

La contrastación de hipótesis es esencial para validar científicamente las suposiciones y llegar a conclusiones basadas en evidencia sólida, proporcionando así un marco confiable para la toma de decisiones y la formulación de políticas en el ámbito de las energías renovables en viviendas de Ica.

Se obtuvieron los siguientes datos sobre el consumo promedio mensual de energía (en kilovatios-hora, kWh) para dos grupos de viviendas en Ica: uno con paneles solares instalados y otro sin paneles solares.

##### Grupo con Paneles Solares (n = 30 viviendas):

Media de consumo: 300 kWh

Desviación estándar: 50 kWh

##### Grupo sin Paneles Solares (n = 30 viviendas):

Media de consumo: 400 kWh

Desviación estándar: 60 kWh

Aplicamos el método estadístico Prueba t de Student

H0:  $\mu_1 = \mu_2$  (Las medias de consumo de energía son iguales)

H1:  $\mu_1 \neq \mu_2$  (Las medias de consumo de energía son diferentes)

Dado que estamos comparando las medias de dos muestras independientes y asumiendo distribuciones normales para los datos, utilizaremos la prueba t de Student para muestras independientes.

Calculamos la estadística t utilizando la fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$X_1, X_2$  son las medias muestrales

$S_1, S_2$  son las desviaciones estándar muestrales

$n_1, n_2$  son los tamaños de las muestras.

Remplazando

$$X_1 = 300, X_2 = 400$$

$$S_1 = 50, S_2 = 60$$

$$n_1 = n_2 = 30$$

$$t = \frac{300 - 400}{\sqrt{\frac{50^2}{30} + \frac{60^2}{30}}} = \frac{-100}{\sqrt{\frac{2500}{30} + \frac{3600}{30}}} \approx -5.59$$

A continuación determinamos el valor crítico de la prueba t para un nivel de significancia dado  $\alpha = 0.05$

$$(n_1 + n_2) - 2 = 30 + 30 - 2 = 58 \text{ grados de libertad}$$

Comparando el valor calculado de t con el valor crítico.

Si el valor absoluto de t calculado es mayor que el valor crítico, rechaza la hipótesis nula (H0).

Dado que  $t = -5.59$  es mucho menor que el valor crítico de t para  $\alpha = 0.05$ , rechazaríamos la hipótesis nula. Concluimos que hay una diferencia significativa en el consumo de energía entre viviendas con y sin paneles solares en Ica, respaldando la hipótesis alternativa (H1).

### III RESULTADOS

#### 3.1 Aspectos Generales de los hogares en la región Ica, según último censo nacional 2017 y encuesta residencial de consumo y usos de energía (ERCUE) 2018 – Osinergmin.

El Gráfico N° 5 identifica las regiones con los mayores porcentajes de acceso a electricidad en los hogares. Según los datos de la encuesta, las siete regiones con los porcentajes más altos de acceso a electricidad fueron Arequipa, Moquegua, Lambayeque, Madre de Dios, Tumbes, Lima y Callao, todas registrando valores superiores al 99%. En contraste, las regiones de Huancavelica, Pasco y Loreto presentaron los menores porcentajes de acceso a electricidad, alcanzando 87.4%, 88.2% y 89.2%, respectivamente.



Fig. 2 Mapa acceso eléctrico por regiones Perú.

El siguiente gráfico evidencia una diferencia significativa en el acceso a la electricidad entre las zonas rurales y urbanas, con un 91.8% y un 99.6% de acceso, respectivamente. Esta disparidad se explica, principalmente, por los elevados costos de inversión asociados a la implementación de redes de distribución en áreas rurales, debido a la baja densidad poblacional que caracteriza estas zonas. Sin embargo, la incorporación de nuevas tecnologías, como los paneles fotovoltaicos, representa una solución viable para reducir la brecha de acceso a la electricidad entre las zonas urbanas y rurales, contribuyendo a un acceso más equitativo en los próximos años.

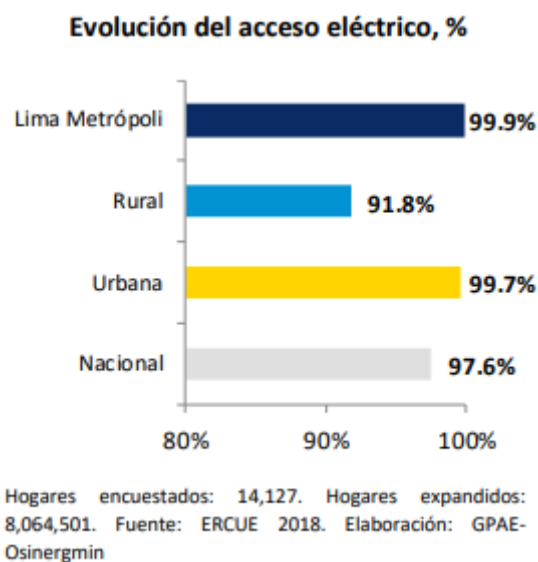


Fig. 3 Evolución del acceso eléctrico Perú.

A nivel nacional, la mediana del consumo eléctrico residencial se situó en 60 kWh. Este valor de tendencia central fue significativamente mayor en las áreas urbanas, alcanzando los 85 kWh mensuales, lo que representa un nivel 5.3 veces superior al registrado en las zonas rurales, donde el consumo se limitó a 16 kWh mensuales.

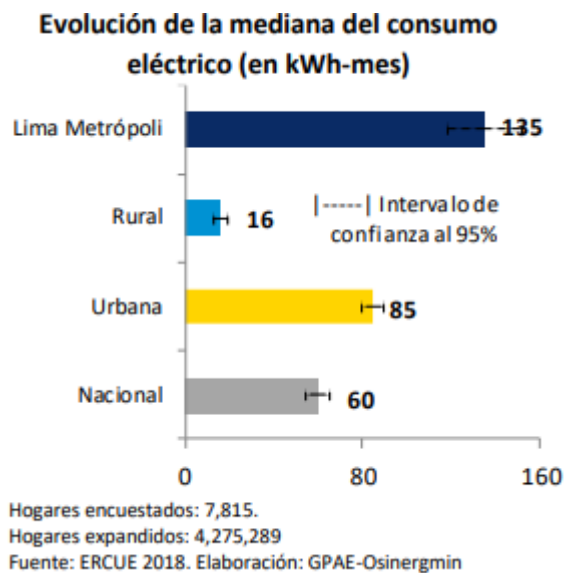


Fig. 4 Evolución mediana del consumo eléctrico

En esta sección se presentan los resultados relacionados con la tenencia de diferentes tipos de luminarias utilizadas en los hogares: incandescentes, ahorradores y LED. Según el Gráfico N° 14, el 92% de los hogares a nivel nacional declaró utilizar al menos un foco ahorrador. Este porcentaje varía dependiendo del ámbito, alcanzando un 94% en zonas urbanas y un 86% en zonas rurales.

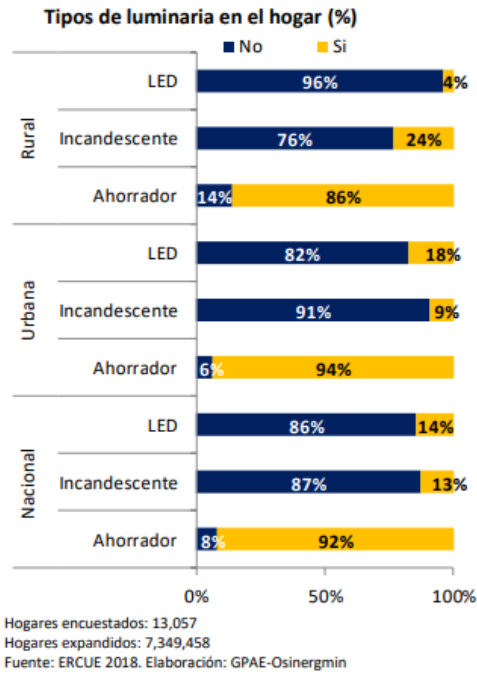


Fig. 5 Tipos de luminaria en el hogar.

A nivel nacional, aproximadamente 8 de cada 10 hogares declararon contar con el servicio de alumbrado público. Este porcentaje es notablemente mayor en las áreas urbanas, donde alcanza 9 de cada 10 hogares, en comparación con las áreas rurales, donde solo 5 de cada 10 hogares disponen de este servicio. Entre las personas que tienen acceso al alumbrado público, el 50% indicó que el principal beneficio asociado a este servicio es el incremento de la seguridad, específicamente mediante la reducción de asaltos en las calles.



Fig. 6 Beneficios del alumbrado publico

De acuerdo con el Gráfico 7, la principal acción realizada por los hogares para ahorrar energía consiste en apagar las luces que no se utilizan, ya sea en ambientes desocupados o al salir de la vivienda. Este hábito alcanza un 91% en el área urbana y un 78% en la zona rural. La diferencia observada podría atribuirse al menor costo por kWh que asumen los hogares rurales, debido al subsidio del que podrían estar beneficiándose. Además, según el gráfico anterior, los hogares en zonas urbanas tienden a estar, en promedio, mejor informados sobre el uso eficiente de la energía. La segunda acción más común para el ahorro energético es desconectar los artefactos eléctricos cuando no están en uso, práctica que se realiza en el 46% de los hogares urbanos y en el 23% de los rurales.

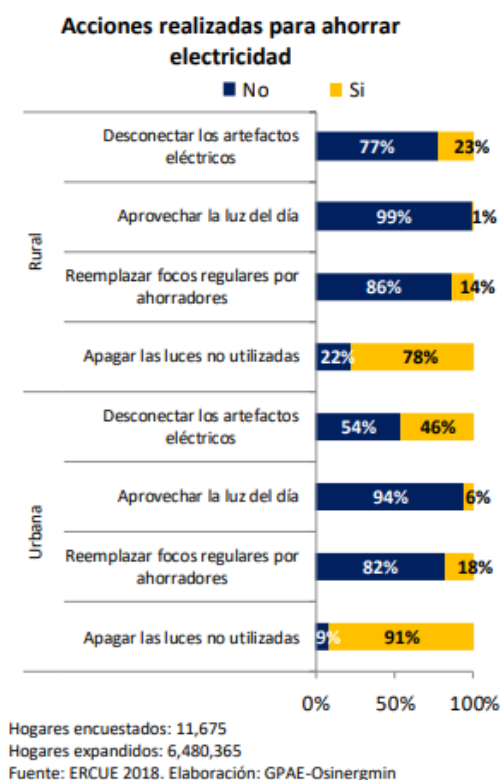


Fig. 7 Acciones realizadas para ahorro de energía eléctrica

En el departamento de Ica, según los resultados del Censo 2017, se registraron un total de 297,847 viviendas particulares. Del total, las casas independientes constituyen el mayor porcentaje, representando el 91.8% (273,615 viviendas), seguidas por las viviendas improvisadas con un 4.9% (14,637 viviendas). En contraste, las viviendas en quinta, casas de vecindad, chozas o cabañas y locales no destinados para habitación humana representan menos del 1% cada una. En comparación con el Censo 2007, se evidencia un incremento intercensal en las casas independientes, que aumentaron en 108,034 unidades (65.2%), lo que equivale a un crecimiento promedio anual de 10,803 viviendas. Por otro lado, las viviendas improvisadas experimentaron una disminución de 5,195 unidades (-26.2%), lo que representa un decrecimiento promedio de 520 viviendas por año.

Tabla I  
TIPOS DE VIVIENDA EN EL PERÚ (CENSO 2017).

| Tipo de vivienda                          | 2007           |              | 2017           |              | Variación intercensal 2007-2017 |             | Incremento anual | Tasa de crecimiento promedio anual |
|---|----------------|--------------|----------------|--------------|---------------------------------|-------------|------------------|------------------------------------|
|   | Absoluto       | %            | Absoluto       | %            | Absoluto                        | %           |                  |                                    |
| <b>Total</b>                              | <b>197 493</b> | <b>100,0</b> | <b>297 847</b> | <b>100,0</b> | <b>100 354</b>                  | <b>50,8</b> | <b>10 035</b>    | <b>4,2</b>                         |
| Casa independiente                        | 165 581        | 84,0         | 273 615        | 91,8         | 108 034                         | 65,2        | 10 803           | 5,2                                |
| Departamento en edificio                  | 2 704          | 1,4          | 2 899          | 1,0          | 195                             | 7,2         | 20               | 0,7                                |
| Vivienda en quinta                        | 2 207          | 1,1          | 1 736          | 0,6          | - 471                           | -21,3       | - 47             | -2,4                               |
| Vivienda en casa de vecindad              | 1 869          | 0,9          | 2 053          | 0,7          | 184                             | 9,8         | 18               | 0,9                                |
| Chozas o cabañas                          | 4 007          | 2,0          | 2 684          | 0,9          | - 1 323                         | -33,0       | - 132            | -3,9                               |
| Vivienda improvisada                      | 19 832         | 10,0         | 14 637         | 4,9          | - 5 195                         | -26,2       | - 520            | -3,0                               |
| Local no destinado para habitación humana | 286            | 0,1          | 222            | 0,1          | - 64                            | -22,4       | - 6              | -2,5                               |
| Otro tipo <sup>1/</sup>                   | 1 007          | 0,5          | 1              | 0,0          | - 1 006                         | -99,9       | - 101            | -49,9                              |

<sup>1/</sup> Incluye cualquier estructura no destinada para habitación humana como cueva, vehículo abandonado o refugio natural.

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.

Los datos del Censo 2017 indican que el 90.6% (200,952 viviendas) del total de viviendas particulares con ocupantes presentes cuentan con alumbrado eléctrico conectado a la red pública, mientras que el 9.4% (20,727 viviendas) no dispone de este servicio. En el área urbana, el porcentaje de viviendas con alumbrado eléctrico conectado a la red pública es mayor (91.7%) en comparación con el área rural, donde alcanza el 79.7%. En comparación con el Censo 2007, las viviendas conectadas a la red pública de alumbrado eléctrico aumentaron en un 57.0%, lo que equivale a un incremento anual promedio de 7,295 viviendas. Por área de residencia, el mayor crecimiento intercensal se registró en las viviendas urbanas con alumbrado eléctrico por red pública, con un incremento del 60.8%, pasando de 115,242 viviendas en 2007 a 185,254 en 2017.

Tabla II

## DISPONIBILIDAD DE ALUMBRADO PUBLICO AREA URBANA Y RURAL (CENSO 2017).

| Disponibilidad de alumbrado eléctrico por red pública / Área urbana y rural | 2007           |              | 2017           |              | Variación intercensal 2007-2017 |              | Incremento anual | Tasa de crecimiento promedio anual |
|---|----------------|--------------|----------------|--------------|---------------------------------|--------------|------------------|------------------------------------|
|   | Absoluto       | %            | Absoluto       | %            | Absoluto                        | %            |                  |                                    |
| <b>Total</b>  | <b>167 923</b> | <b>100,0</b> | <b>221 679</b> | <b>100,0</b> | <b>53 756</b>                   | <b>32,0</b>  | <b>5 376</b>     | <b>2,8</b>                         |
| Dispone   | 128 004        | 76,2         | 200 952        | 90,6         | 72 948                          | 57,0         | 7 295            | 4,6                                |
| No dispone  | 39 919         | 23,8         | 20 727         | 9,4          | - 19 192                        | -48,1        | - 1 919          | -6,3                               |
| <b>Urbana</b>   | <b>145 694</b> | <b>100,0</b> | <b>201 975</b> | <b>100,0</b> | <b>56 281</b>                   | <b>38,6</b>  | <b>5 628</b>     | <b>3,3</b>                         |
| Dispone   | 115 242        | 79,1         | 185 254        | 91,7         | 70 012                          | 60,8         | 7 001            | 4,9                                |
| No dispone  | 30 452         | 20,9         | 16 721         | 8,3          | - 13 731                        | -45,1        | - 1 373          | -5,8                               |
| <b>Rural</b>  | <b>22 229</b>  | <b>100,0</b> | <b>19 704</b>  | <b>100,0</b> | <b>- 2 525</b>                  | <b>-11,4</b> | <b>- 253</b>     | <b>-1,2</b>                        |
| Dispone   | 12 762         | 57,4         | 15 698         | 79,7         | 2 936                           | 23,0         | 294              | 2,1                                |
| No dispone  | 9 467          | 42,6         | 4 006          | 20,3         | - 5 461                         | -57,7        | - 546            | -8,2                               |

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.

Al comparar los censos de 2007 y 2017 en el departamento de Ica, se observa que los hogares en viviendas particulares con ocupantes presentes que registraron el mayor incremento intercensal en términos porcentuales fueron aquellos con tenencia de computadora, con un aumento del 275.3%. Este crecimiento corresponde a una tasa promedio anual del 14.1%, lo que equivale a que aproximadamente 5,988 hogares adquirieron una computadora cada año durante este periodo. En segundo lugar, los hogares con tenencia de lavadora de ropa experimentaron un incremento intercensal del 254.5%, lo que representa un aumento de 48,807 hogares que incorporaron este electrodoméstico.

Tabla III

## ARTEFACTOS Y EQUIPOS ELECTRICOS EN LAS VIVIENDAS (CENSO 2017).

| Artefacto / equipo          | 2007     |      | 2017     |      | Variación intercensal 2007-2017 |       | Incremento anual | Tasa de crecimiento promedio anual |
|-----------------------------|----------|------|----------|------|---------------------------------|-------|------------------|------------------------------------|
|                             | Absoluto | %    | Absoluto | %    | Absoluto                        | %     |                  |                                    |
| Televisor a color           | 131 051  | 96,7 | 201 632  | 88,5 | 70 581                          | 53,9  | 7 058            | 4,4                                |
| Equipo de sonido            | 55 230   | 40,8 | 110 002  | 48,3 | 54 772                          | 99,2  | 5 477            | 7,1                                |
| Computadora <sup>1/</sup>   | 21 754   | 16,1 | 81 633   | 35,8 | 59 879                          | 275,3 | 5 988            | 14,1                               |
| Lavadora de ropa            | 19 177   | 14,2 | 67 984   | 29,8 | 48 807                          | 254,5 | 4 881            | 13,5                               |
| Refrigeradora o congeladora | 68 863   | 50,8 | 143 640  | 63,1 | 74 777                          | 108,6 | 7 478            | 7,6                                |
| Cocina a gas                | -        | -    | 216 833  | 95,2 | -                               | -     | -                | -                                  |
| Horno microondas            | -        | -    | 51 485   | 22,6 | -                               | -     | -                | -                                  |
| Licuada                     | -        | -    | 160 075  | 70,3 | -                               | -     | -                | -                                  |
| Plancha eléctrica           | -        | -    | 147 908  | 64,9 | -                               | -     | -                | -                                  |
| Automóvil, camioneta        | -        | -    | 31 540   | 13,8 | -                               | -     | -                | -                                  |
| Motocicleta                 | -        | -    | 30 512   | 13,4 | -                               | -     | -                | -                                  |
| Lancha <sup>2/</sup>        | -        | -    | 1 634    | 0,7  | -                               | -     | -                | -                                  |

<sup>1/</sup> En el Censo 2017 se incluyó laptop y tablet.<sup>2/</sup> Incluye bote motor o peque peque, canoa.

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017

Las viviendas ecológicas en zonas rurales de la región de Ica son una solución sostenible que busca mejorar la calidad de vida de los residentes mientras se protege el medio ambiente. Estas viviendas integran diversas tecnologías y prácticas que promueven la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles y la gestión adecuada de recursos.

Las viviendas ecológicas en zonas rurales de la región de Ica representan una estrategia eficaz para mejorar la calidad de vida de los residentes, promover la sostenibilidad ambiental y fomentar la autosuficiencia. Con el apoyo de tecnologías renovables, materiales sostenibles y diseños eficientes, estas viviendas no solo reducen el impacto ambiental, sino que también proporcionan beneficios económicos y sociales significativos.

El uso de energías renovables es fundamental para el concepto de viviendas ecológicas, los sistemas que pueden abarcarse en este concepto son el uso de paneles solares, calentadores de agua solares y aerogeneradores domésticos.

Respecto a las características del uso de energía estas deben ser enfocadas en la eficiencia energética; Las viviendas deben de estar diseñadas para aprovechar al máximo la luz natural y la ventilación cruzada, reduciendo la necesidad de iluminación artificial y aire acondicionado. Uso de iluminación LED de bajo consumo energético para el sistema de alumbrado es otra característica indispensable.

La implementación de energías renovables y eficiencia energética reduce significativamente los costos de electricidad y agua.

Las viviendas ecológicas proporcionan un ambiente más saludable, con mejor calidad del aire y menor exposición a productos químicos nocivos.

Al utilizar materiales sostenibles y tecnologías limpias, se reduce la huella ecológica y se contribuye a la conservación del medio ambiente.

Las viviendas ecológicas promueven la autosuficiencia y la educación ambiental entre los residentes, fortaleciendo las comunidades rurales.



Fig. 8 Ilustración de una vivienda ecológica

### **3.1.1 Influencia de la energía fotovoltaica como motor de transformación en las viviendas ecológicas.**

La energía fotovoltaica es la conversión directa de la luz solar en electricidad mediante el uso de paneles solares compuestos por células fotovoltaicas. Estos sistemas pueden ser instalados en techos, paredes, o incluso en estructuras independientes en áreas con buena exposición solar.

La implementación de sistemas de energía fotovoltaica en domicilios ecológicos ofrece múltiples beneficios tanto a nivel ambiental como económico. A continuación, se detallan los aspectos clave de la energía fotovoltaica para viviendas ecológicas, enfocándose en cómo actúa como un motor de transformación sostenible.

#### **Beneficios de la Energía Fotovoltaica en Domicilios Ecológicos**

**Reducción de la Huella de Carbono:** La electricidad generada por los paneles solares no produce emisiones de gases de efecto invernadero, lo que reduce significativamente la huella de carbono del hogar. Utilizar energía solar ayuda a preservar los recursos naturales y a disminuir la dependencia de combustibles fósiles.

**Ahorro Económico:** Los hogares pueden generar su propia electricidad, lo que reduce las facturas de energía. En algunos casos, los excedentes de energía pueden venderse de vuelta a la red eléctrica. Muchos gobiernos ofrecen incentivos financieros, como subsidios y créditos fiscales, para la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Independencia energética: Los sistemas fotovoltaicos permiten a los hogares ser menos dependientes de la red eléctrica, proporcionando una fuente de energía confiable y continua, especialmente en áreas rurales.

Flexibilidad y Escalabilidad: Los sistemas fotovoltaicos pueden ser diseñados para satisfacer las necesidades energéticas específicas de cada hogar, y pueden ampliarse fácilmente agregando más paneles según sea necesario.

## **Componentes de un sistema fotovoltaico**

### **Paneles solares**

Los paneles solares son los encargados de captar la luz solar y convertirla en electricidad. Están compuestos por muchas células fotovoltaicas hechas de materiales semiconductores, como el silicio.

Principales tipos de paneles solares

Monocristalinos: Fabricados a partir de un solo cristal de silicio. Ofrecen la mayor eficiencia (15-20%) y son más caros debido a su proceso de fabricación.

Policristalinos: Hechos de varios cristales de silicio fundidos juntos. Son menos eficientes (13-16%) pero más económicos.

Película Delgada: Utilizan materiales como el telururo de cadmio o el silicio amorfo. Son menos eficientes (7-13%) pero flexibles y más baratos.

Las células fotovoltaicas generan corriente continua (CC) al absorber fotones de la luz solar, lo que excita los electrones en el material semiconductor, creando una corriente eléctrica.

### **Inversor**

El inversor convierte la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada por la mayoría de los electrodomésticos y compatible con la red eléctrica. Recibe la corriente continua (CC) de los paneles y, mediante un proceso de conmutación electrónica, la convierte en corriente alterna (CA) sincronizada con la frecuencia y voltaje de la red eléctrica.

Inversores Centralizados: Utilizados en instalaciones grandes, convierten la electricidad de todos los paneles conectados en serie o paralelo.

Inversores de Cadena: Convierten la electricidad de grupos de paneles (o cadenas) conectados en serie.

Micro inversores: Instalados en cada panel solar, maximizan la producción de energía y permiten monitoreo individual.

### **Controlador de carga**

regula la carga y descarga de las baterías para evitar sobrecargas y descargas profundas, lo que prolonga la vida útil de las baterías. Monitorea y ajusta la carga de las baterías, asegurando que se carguen a la máxima eficiencia sin dañarse por sobrecargas o descargas excesivas.

### **Baterías de Almacenamiento**

Almacenan el exceso de energía generada durante el día para su uso durante la noche o en momentos de baja producción solar. Almacenan la corriente continua (CC) generada por los paneles solares, liberándola cuando se requiere, garantizando un suministro continuo de electricidad.

Plomo-ácido: Tradicionales, más económicas pero con menor vida útil y eficiencia.

Ion de Litio: Más eficientes y de mayor duración, pero más costosas.

Níquel-Cadmio y Níquel-Hidruro Metálico: Menos comunes en aplicaciones domésticas debido a su costo y manejo más complejo.

### **Estructuras de Montaje**

Soportan los paneles solares y los orientan de manera óptima para maximizar la captación de luz solar. Proveen estabilidad y el ángulo adecuado para los paneles solares, asegurando que reciban la máxima cantidad de luz solar.

Montajes en Techo: Utilizados en instalaciones residenciales.

Montajes en Suelo: Utilizados en instalaciones comerciales o cuando no hay suficiente espacio en el techo.

Rastreadores Solares: Ajustan la orientación de los paneles durante el día para seguir el sol y maximizar la producción de energía.

### **Sistema de Monitoreo**

Supervisa el rendimiento del sistema fotovoltaico, proporcionando datos en tiempo real sobre la producción de energía, el estado de las baterías y el funcionamiento general del sistema. Recopila datos de los inversores, controladores de carga y baterías, permitiendo al usuario monitorear y optimizar el rendimiento del sistema.

Monitoreo Local: Se realiza mediante dispositivos instalados en el lugar.

Monitoreo Remoto: Utiliza plataformas en línea accesibles desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

Los componentes de un sistema fotovoltaico trabajan juntos para convertir la luz solar en electricidad utilizable, almacenarla para su uso posterior y monitorear su rendimiento. La correcta integración y mantenimiento de estos componentes es crucial para maximizar la eficiencia y los beneficios de la energía solar en domicilios ecológicos. Estos sistemas no solo proporcionan una fuente de energía renovable y sostenible, sino que también contribuyen a la reducción de la huella de carbono y la independencia energética de los hogares.

### **Energía fotovoltaica aplica a vivienda ecológicas en la región Ica.**

En un vivienda rural en la región de Ica el consumo energético promedio mensual es de 16 Kwh; la distribución del consumo de energía eléctrica se realiza de la siguiente manera.

- Refrigeración: 41%
- Iluminación: 17%

- Televisores: 10%
- Computadoras y afines: 6%
- Stand by: 4%
- Climatización: 4%
- Otros: 18%

### **Cálculo del Consumo Energético por Categoría:**

El consumo energético mensual total es de 16 kWh.

- Refrigeración:  $16 \text{ kWh} * 41\% = 6.56 \text{ kWh}$
- Iluminación:  $16 \text{ kWh} * 17\% = 2.72 \text{ kWh}$
- Televisores:  $16 \text{ kWh} * 10\% = 1.6 \text{ kWh}$
- Computadoras y afines:  $16 \text{ kWh} * 6\% = 0.96 \text{ kWh}$
- Stand by:  $16 \text{ kWh} * 4\% = 0.64 \text{ kWh}$
- Climatization:  $16 \text{ kWh} * 4\% = 0.64 \text{ kWh}$
- Otros:  $16 \text{ kWh} * 18\% = 2.88 \text{ kWh}$

Para calcular el ahorro energético al usar paneles solares, necesitamos conocer la capacidad de generación de los paneles instalados. Asumiremos una instalación típica para una vivienda rural en Ica, donde la irradiación solar promedio es alta.

- Capacidad de los Paneles Solares:
- Irradiación Solar Promedio en Ica:  $5 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$
- Panel Solar Estándar: 1 panel solar de 350 W
- Generación Diaria por Panel:  $350 \text{ W} * 5 \text{ h (horas solares pico)} = 1.75 \text{ kWh/día}$
- Generación Mensual por Panel:  $1.75 \text{ kWh/día} * 30 \text{ días} = 52.5 \text{ kWh/mes}$

Con un consumo mensual de 16 kWh, un solo panel solar puede generar suficiente energía para cubrir el consumo energético de la vivienda.

Para determinar cuánta energía puede generar un panel solar en un día, utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Generación Diaria (kWh/día)} = \text{Potencia del Panel (W)} \times \text{Horas Solares Pico (h)}$$

La potencia del panel solar se mide en vatios (W). En nuestro ejemplo, estamos utilizando un panel solar con una potencia de 350 W.

Las horas solares pico (HSP) son una medida estándar que representa la cantidad de energía solar recibida en un área específica, promediada a lo largo de un día. Específicamente, una hora solar pico se define como una hora en la que la intensidad de la radiación solar es de 1.000 vatios por metro cuadrado ( $1.000 \text{ W/m}^2$ ).

Para calcular cuánta energía generará un panel solar, necesitamos saber cuántas horas solares pico recibe la ubicación donde está instalado el panel. En la región de Ica, Perú, se estima que la irradiación solar promedio es de aproximadamente 5 horas solares pico por día.

Dado que sabemos la potencia del panel (350 W) y las horas solares pico (5 horas), podemos calcular la generación diaria de energía del panel.

*Generación Diaria (kWh/día) = 350W × 5h*; Convertimos la potencia de vatios a kilovatios para obtener el resultado en kWh (1 kW = 1.000 W); Es así que se obtiene.

$$350 \text{ W} * 5 \text{ h (horas solares pico)} = 1.75 \text{ kWh/día}$$

Este cálculo significa que un panel solar de 350 W, bajo condiciones óptimas con 5 horas solares pico por día, generará 1.75 kWh de electricidad por día. Este valor es crucial para dimensionar el sistema fotovoltaico y asegurarse de que puede cubrir el consumo energético de la vivienda.

Las horas solares pico (HSP) se calculan para cuantificar la cantidad de energía solar recibida en un área específica durante un día, y representan el número de horas en las que la irradiancia solar promedio sería igual a 1.000 vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>). Este concepto se utiliza para estandarizar y simplificar el cálculo de la energía que un panel solar puede generar en diferentes ubicaciones.

### **Calculo de las horas solares pico**

Medir la Irradiancia Solar: La irradiancia solar es la potencia por unidad de área recibida del sol en forma de radiación electromagnética en la superficie de la Tierra. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>).

Obtener Datos de Irradiancia Solar Diaria: Se necesita la irradiancia solar acumulada durante el día en kWh/m<sup>2</sup>. Esta información se puede obtener de estaciones meteorológicas, bases de datos de energía solar, o mapas solares que proporcionan datos promedio de irradiancia solar diaria para diferentes ubicaciones.

Calcular las Horas Solares Pico: Para calcular las horas solares pico, se divide la irradiancia solar diaria total (en kWh/m<sup>2</sup>) por la irradiancia estándar de 1.000 W/m<sup>2</sup>.

$$\text{Horas Solares Pico (HSP)} = \frac{\text{Irradiancia Solar Diaria Total (kWh/m}^2\text{)}}{1 \text{ kW/m}^2}$$

Supongamos que en una ubicación específica se registra una irradiancia solar diaria total de 5.5 kWh/m<sup>2</sup>.

$$\text{Horas Solares Pico (HSP)} = \frac{5.5 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kW/m}^2} = 5.5 \text{ HSP}$$

Esto significa que, en promedio, la ubicación recibe el equivalente a 5.5 horas al día de irradiancia solar a 1.000 W/m<sup>2</sup>.

Las principales fuentes para recolección de datos para horas solares pico son:

Mapas Solares: Proporcionan datos promedio de irradiancia solar diaria para diferentes regiones. Organizaciones como NREL (National Renewable Energy Laboratory) en los EE. UU. y bases de datos internacionales ofrecen esta información.

Estaciones Meteorológicas: Locales o regionales que recopilan datos de irradiancia solar.

Bases de Datos en Línea: Plataformas como PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) y SolarGIS ofrecen herramientas para estimar la irradiancia solar y las horas solares pico en diferentes ubicaciones.

Gracias a las horas solares pico podemos: determinar cuántos paneles solares se necesitan para generar una cantidad específica de energía; calcular la energía que un sistema solar puede producir en una ubicación determinada; Facilitar la comparación de la viabilidad de la energía solar en diferentes regiones.

Si instalamos un panel solar de 350 W, generará 52.5 kWh/mes, lo cual es más que suficiente para cubrir los 16 kWh/mes de consumo de la vivienda. Esto implica que la vivienda puede cubrir su consumo energético completo con un solo panel solar, logrando un ahorro del 100% en la factura de electricidad. Esto sería en el caso ideal, pero detallaremos en el presente estudio los distintos conceptos de pérdida y consideraremos el % de utilización de un panel monocristal.

#### **Consideraciones de Eficiencia y Pérdidas**

- Eficiencia del Panel Solar Monocristalino: Suponemos una eficiencia del 20% en la conversión de energía solar.
- Pérdidas por Temperatura: Aproximadamente 10%.
- Pérdidas por Suciedad y Polvo: Aproximadamente 5%.
- Pérdidas por Inversor y Cableado: Aproximadamente 10%.

#### **Eficiencia Total del Sistema**

$$\text{Eficiencia Total} = 20\% \times (1 - 0.10) \times (1 - 0.05) \times (1 - 0.10)$$

$$\text{Eficiencia Total} = 0.20 \times 0.90 \times 0.95 \times 0.90$$

$$\text{Eficiencia Total} = 0.1544 \text{ o } 15.44\%$$

#### **Cálculo Ajustado de Generación de Energía**

- Potencia del Panel: 350 W
- Horas Solares Pico: 5 horas por día (promedio para Ica)

#### **Generación Diaria Ajustada**

$$\text{Generación Diaria} = \text{Potencia del Panel} \times \text{Horas Solares Pico} \times \text{Eficiencia Total}$$

$$\text{Generación Diaria} = 350\text{W} \times 5\text{h} \times 0.1544$$

$$\text{Generación Diaria} = 270.2 \text{ Wh/día} = 0.2702 \text{ kWh/día}$$

#### **Generación Mensual Ajustada**

$$\text{Generación Mensual} = \text{Generación Diaria} \times 30 \text{ días}$$

$$\text{Generación Mensual} = 0.2702 \text{ kWh/día} \times 30 \text{ días}$$

Generación Mensual = 8.106 kWh/mes

### **Impacto en el Ahorro Energético**

Consumo Energético Mensual

Con una eficiencia del sistema del 15.44%, un panel solar de 350 W generaría aproximadamente 8.106 kWh por mes.

- Energía Generada: 8.106 kWh/mes
- Consumo Energético: 16 kWh/mes

La generación de 8.106 kWh/mes cubriría aproximadamente el 50.66% del consumo mensual de la vivienda.

$$\text{Porcentaje de Cobertura} = \frac{8.106 \text{ kWh/mes}}{16 \text{ kWh/mes}} \times 100\% \approx 50.66\%$$

Como el presente trabajo de investigación se centra en las energías renovables como motor de transformación en las viviendas ecológicas, buscamos una independencia energética por tal motivo realizaremos el ajuste del número de paneles solares dimensionados. Para cubrir completamente el consumo mensual de 16 kWh, calculamos el número de paneles necesarios:

$$\text{Número de Paneles Necesarios} = \frac{16 \text{ kWh/mes}}{8.106 \text{ kWh/mes por panel}} \approx 1.97$$

Redondeamos al siguiente número entero: 02 paneles solares de 350 W.

Con las pérdidas y la eficiencia del panel solar consideradas, se necesitarían 2 paneles solares de 350 W para cubrir completamente el consumo mensual de 16 kWh de una vivienda rural ecológica en Ica. Estos paneles generarían conjuntamente aproximadamente 16.212 kWh/mes, lo cual es suficiente para cubrir el consumo energético completo de la vivienda, logrando un ahorro del 100% en la factura de electricidad.

A continuación, utilizaremos los costos estimados y el ahorro anual en la factura de electricidad, para el cálculo de retorno de inversión o análisis financiero.

Tabla IV

PRESUPUESTO PARA INSTALACION DE PANALES SOLARES

| Componente              | Descripción                                | Costo Mínimo (USD) | Costo Máximo (USD) |
|-------------------------|--|--------------------|--------------------|
| Paneles Solares         | 2 paneles solares monocristalinos de 350 W | \$400              | \$600              |
| Inversor                | Inversor híbrido                           | \$500              | \$1,000            |
| Controlador de Carga    | Controlador de carga MPPT                  | \$100              | \$200              |
| Estructuras de Montaje  | Estructuras de montaje                     | \$100              | \$200              |
| Cableado y Conectores   | Cableado y conectores                      | \$100              | \$200              |
| Sistema de Monitoreo    | Sistema de monitoreo                       | \$100              | \$200              |
| Mano de Obra            | Instalación completa                       | \$500              | \$1,000            |
| Permisos y Regulaciones | Permisos y regulaciones                    | \$100              | \$200              |
| Total Costo Inicial     | Suma de todos los costos                   | \$1,900            | \$3,600            |

Generación mensual ajustada por 2 paneles:  $8.106 \text{ kWh/mes} * 2 = 16.212 \text{ kWh/mes}$  (cubre completamente el consumo de 16 kWh/mes).

Ahorro Anual

- Consumo Anual:  $16 \text{ kWh/mes} * 12 \text{ meses} = 192 \text{ kWh/año}$ .
- Costo de Electricidad en Ica: Aproximadamente \$0.15 por kWh.
- Ahorro Anual:  $192 \text{ kWh} * \$0.15 = \$28.80$ .

Tiempo de Recuperación de la Inversión

- Costo Mínimo:  $\$1,900 / \$28.80 \approx 65.97 \text{ años}$ .
- Costo Máximo:  $\$3,600 / \$28.80 \approx 125 \text{ años}$ .

El ROI se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{ROI} = \left( \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Costo de Inversión}} \right) \times 100$$

Beneficio Neto = Ahorro Anual \* Años de Vida Útil del Sistema - Costo de Inversión

Asumimos una vida útil del sistema de 25 años.

ROI con el costo mínimo.

Beneficio Neto:  $\$28.80 * 25 - \$1,900 = \$720 - \$1,900 = -\$1,180$

$$\text{ROI: } \left( \frac{-1,180}{1,900} \right) \times 100 \approx -62.11\%$$

ROI con el costo máximo

Beneficio Neto:  $\$28.80 * 25 - \$3,600 = \$720 - \$3,600 = -\$2,880$

$$\text{ROI: } \left( \frac{-2,880}{3,600} \right) \times 100 \approx -80.00\%$$

Un ROI negativo significa que la inversión no recupera su costo inicial y resulta en una pérdida financiera. En el contexto de la instalación de paneles solares para una vivienda con bajo consumo energético, un ROI negativo sugiere que la inversión no es financieramente viable sin incentivos gubernamentales significativos. No obstante, es importante considerar los beneficios adicionales de la energía solar y evaluar si esos beneficios justifican la inversión a pesar del ROI negativo.

Incluso con un ROI negativo, la inversión en paneles solares puede tener beneficios no financieros significativos, como la independencia energética, la sostenibilidad ambiental y la reducción de la huella de carbono.

Un ROI negativo sugiere que quizás sea mejor reconsiderar o posponer la inversión, a menos que haya otros factores no financieros que justifiquen la inversión.

Incluso con un ROI negativo, la inversión en paneles solares puede tener beneficios no financieros significativos, como la independencia energética, la sostenibilidad ambiental y la reducción de la huella de carbono.

el tiempo de recuperación de la inversión para un sistema de paneles solares es considerablemente largo debido al bajo consumo energético mensual (16 kWh). Los valores negativos del ROI indican que, financieramente, la inversión en paneles solares no es rentable en este escenario sin incentivos. Sin embargo, es importante considerar otros beneficios como la independencia energética, la reducción de la huella de carbono y la contribución a la sostenibilidad ambiental, que también son factores significativos a la hora de decidir invertir en energía solar.

### **Cálculo de la Reducción de Emisiones de CO2**

Para calcular las emisiones actuales de CO2 sin el uso de paneles solares, es necesario conocer la fuente de energía convencional y su factor de emisión. Asumimos que la electricidad en la región proviene principalmente de fuentes fósiles.

Consumo Energético Anual:

- Consumo Mensual: 16 kWh
- Consumo Anual: 16 kWh/mes \* 12 meses = 192 kWh/año

El factor de emisión promedio de la electricidad generada a partir de combustibles fósiles es de aproximadamente 0.45 kg CO<sub>2</sub>/kWh (este valor puede variar según la mezcla energética específica del país o región).

- Emisiones sin Energía Solar: 192 kWh/año \* 0.45 kg CO<sub>2</sub>/kWh = 86.4 kg CO<sub>2</sub>/año

Los paneles solares no emiten CO<sub>2</sub> durante su operación. Sin embargo, hay emisiones asociadas a la fabricación, transporte e instalación de los paneles, que se consideran en el análisis de ciclo de vida (LCA). Emisiones por Fabricación e Instalación:

- Asumimos un valor promedio de 50 g CO<sub>2</sub>/W para la fabricación e instalación de paneles solares (valor que incluye todo el ciclo de vida del panel).

Emisiones para el sistema de 02 paneles solares de 350 W:

- Potencia del Sistema: 350 W
- Cantidad de paneles
- Emisiones Totales: 350 W \* 02 \* 50 g CO<sub>2</sub>/W = 35,000 g CO<sub>2</sub> = 30.0 kg CO<sub>2</sub>

Estas emisiones se distribuyen a lo largo de la vida útil del panel, que es de aproximadamente 25 años.

- Emisiones Anuales del Sistema Solar: 30.0 kg CO<sub>2</sub> / 25 años = 1.2 kg CO<sub>2</sub>/año

### **Impacto Total en la Huella de Carbono**

Reducción de Emisiones:

- Emisiones sin Energía Solar: 86.4 kg CO<sub>2</sub>/año
- Emisiones con Energía Solar: 1.2 kg CO<sub>2</sub>/año
- Reducción Anual de Emisiones: 86.4 kg CO<sub>2</sub>/año – 1.2 kg CO<sub>2</sub>/año = 85.2 kg CO<sub>2</sub>/año

Reducción en Porcentaje:

- Porcentaje de Reducción: (85.2 kg CO<sub>2</sub>/año / 86.4 kg CO<sub>2</sub>/año) \* 100% = 98.6%

La instalación de paneles solares en una vivienda rural con un consumo mensual de 16 kWh reduce significativamente la huella de carbono. La reducción de aproximadamente 98.6% en las emisiones de CO2 anual demuestra el impacto positivo que la energía solar puede tener en la sostenibilidad ambiental. Además de los beneficios ambientales, la energía solar también ofrece ventajas económicas y sociales, promoviendo una vida más autosuficiente y saludable en las comunidades rurales. La reducción de la huella de carbono contribuye a la sostenibilidad a largo plazo, ayudando a mitigar el cambio climático y promoviendo prácticas energéticas responsables.

### **3.2. Influencia de la energía eólica como motor de transformación en las viviendas ecológicas.**

La energía eólica ha sido reconocida como una de las formas más limpias y sostenibles de generar electricidad. Aprovecha la fuerza del viento para generar energía a través de aerogeneradores, los cuales convierten la energía cinética del viento en electricidad sin emitir gases de efecto invernadero ni contaminar el ambiente. En el contexto de las viviendas ecológicas, la energía eólica representa una opción viable y eficiente para disminuir la dependencia de combustibles fósiles, reducir las emisiones de carbono, y promover la autosuficiencia energética en las comunidades.

La energía eólica ofrece varios beneficios para las viviendas ecológicas, especialmente en regiones con condiciones de viento favorables como Ica. Algunos de estos beneficios incluyen:

**Reducción de la Huella de Carbono:** La energía eólica es una fuente de energía limpia y renovable que no produce emisiones de dióxido de carbono durante su operación. Esto contribuye directamente a la mitigación del cambio climático y reduce la huella de carbono de las viviendas.

**Ahorro Económico a Largo Plazo:** Aunque la instalación inicial de aerogeneradores puede implicar un costo elevado, los hogares pueden reducir sus facturas de electricidad al generar su propia energía. Con los avances tecnológicos, los aerogeneradores residenciales han disminuido su costo y mejorado su eficiencia, lo que los convierte en una opción cada vez más accesible.

**Independencia Energética:** Los sistemas eólicos permiten a los hogares desconectarse o reducir su dependencia de la red eléctrica convencional. En zonas rurales o alejadas, donde el acceso a la electricidad puede ser limitado, la energía eólica proporciona una fuente de energía constante y confiable.

**Fácil Integración con Otros Sistemas Renovables:** Las viviendas ecológicas pueden combinar la energía eólica con otros sistemas, como paneles solares fotovoltaicos, para generar energía en diferentes condiciones climáticas. Mientras la energía solar depende de la radiación solar, la energía eólica puede generar electricidad incluso durante la noche o en días nublados, lo que optimiza el suministro energético.

La región de Ica presenta condiciones favorables para la implementación de la energía eólica debido a sus corrientes de viento constantes y su geografía plana. Las mediciones de velocidad y dirección del viento en la zona indican que se podrían implementar pequeños aerogeneradores en viviendas rurales y periurbanas, donde la red eléctrica convencional no siempre está disponible. Además, en los últimos años, Ica ha sido un foco de atención para proyectos de energías renovables a nivel nacional. La construcción de parques eólicos en zonas cercanas demuestra el interés y la viabilidad de esta fuente de energía para la región. El desarrollo de infraestructura a gran escala abre oportunidades para que las tecnologías eólicas lleguen a nivel residencial.

### **Componentes de un sistema de energía eólica residencial**

#### **Aerogenerador**

El corazón del sistema. Los aerogeneradores residenciales son más pequeños que los industriales, con capacidades de generación que varían entre 1 kW y 10 kW. Estos equipos captan la energía del viento y la convierten en electricidad

#### **Inversor**

Convierte la corriente continua (CC) generada por el aerogenerador en corriente alterna (CA) utilizable en el hogar.

#### **Controlador de carga:**

Regula el flujo de energía del aerogenerador, protegiendo las baterías y el sistema eléctrico de sobrecargas o descargas profundas.

#### **Baterías de almacenamiento**

Almacenan el exceso de energía generada por el aerogenerador, lo que permite su uso durante momentos de baja generación o cuando no hay viento.

#### **Retos y Limitaciones en la Implementación**

En el caso de Ica, la adopción de sistemas eólicos en viviendas ecológicas podría contribuir significativamente a la transformación del modelo energético regional. Al reducir la dependencia de combustibles fósiles y generar energía limpia, se pueden alcanzar varios objetivos de desarrollo sostenible, como el acceso a energía asequible, la acción por el clima, y la promoción de comunidades sostenibles.

Si bien el costo inicial de los sistemas eólicos puede ser una barrera para su implementación a gran escala, los incentivos gubernamentales y las políticas de promoción de energías renovables podrían hacer esta tecnología más accesible para la población. Esto, sumado a la concientización sobre la importancia de la sostenibilidad, podría fomentar un cambio gradual hacia la autosuficiencia energética en las viviendas ecológicas de Ica.

#### **Cálculo de Energía Generada por Aerogenerador Residencial**

En un vivienda rural en la región de Ica el consumo energético promedio mensual es de 16 kWh; la distribución del consumo de energía eléctrica se realiza de la siguiente manera.

- Refrigeración: 41%
- Iluminación: 17%
- Televisores: 10%
- Computadoras y afines: 6%
- Stand by: 4%
- Climatización: 4%
- Otros: 18%

### **Cálculo del Consumo Energético por Categoría:**

El consumo energético mensual total es de 16 kWh.

- Refrigeración: 16 kWh \* 41% = 6.56 kWh
- Iluminación: 16 kWh \* 17% = 2.72 kWh
- Televisores: 16 kWh \* 10% = 1.6 kWh
- Computadoras y afines: 16 kWh \* 6% = 0.96 kWh
- Stand by: 16 kWh \* 4% = 0.64 kWh
- Climatization: 16 kWh \* 4% = 0.64 kWh
- Otros: 16 kWh \* 18% = 2.88 kWh

Datos iniciales:

- Consumo energético promedio mensual de la vivienda: 16 kWh.
- Velocidad media del viento en Ica: Aproximadamente 5 m/s.
- Potencia nominal del aerogenerador: 0.3 kW.
- Coeficiente de eficiencia del aerogenerador: Aproximadamente 30% (debido a la Ley de Betz y otras pérdidas mecánicas y eléctricas).
- Horas de viento útiles al día: Aproximadamente 6 horas
- Pérdidas del sistema: 25% en total (aerodinámicas, mecánicas y eléctricas).
- Eficiencia del sistema de almacenamiento (baterías): 90% (10% de pérdidas).
- Pérdidas adicionales: 33% (mismatch, downtime, suciedad, desalineación, y pérdidas de conversión).

Generación de energía sin considerar perdidas

La fórmula básica para calcular la energía generada del sistema

$$E_{generada}(kWh/día) = P_{nominal} \times CF \times H$$

Donde:

P nominal = 0.3 kW.

CF = 0.30 (factor de capacidad del 30%).

H = 6h/día (horas de viento efectiva).

Calculamos la energía generada

$$E_{generada}(kWh/día) = 0.3 kW \times 0.30 \times 6 h/día = 0.54 kWh/día$$

El factor de capacidad del 30% significa que el aerogenerador operará a un rendimiento del 30% de su capacidad nominal debido a la variabilidad en la velocidad del viento. A velocidades de viento más bajas (como 5 m/s), el aerogenerador no puede alcanzar su máxima potencia nominal, que generalmente se logra a velocidades más altas (por ejemplo, 12 m/s).

#### **Pérdidas por Desajuste con las Condiciones del Viento (Mismatch)**

Esta pérdida es típica y bien documentada en estudios sobre aerogeneradores pequeños y medianos. Un buen punto de referencia es el documento técnico "Wind Energy Handbook" de Tony Burton et al., donde se describen los impactos de las variaciones de velocidad del viento sobre el rendimiento de las turbinas.

#### **Pérdidas por Paro del Sistema (Downtime)**

Los informes de mantenimiento y análisis de fiabilidad de aerogeneradores, como el "Global Wind Report" de Global Wind Energy Council (GWEC), describen las pérdidas debidas a mantenimiento y tiempos de inactividad, estimándolas entre 5% y 10% en promedio para pequeños sistemas residenciales. Referencia adicional: "Maintenance and Reliability of Wind Turbines" por P. Tavner, donde se discuten en detalle las paradas programadas y no programadas.

#### **Pérdidas por Suciedad y Contaminación de Palas (Ensuciamiento)**

La suciedad de las palas es común en zonas con polvo o condiciones climáticas adversas. Según estudios publicados en la revista Renewable Energy (e.g., "Effects of blade fouling on wind turbine power production"), las pérdidas pueden oscilar entre un 5% y 15% dependiendo del ambiente. Referencia adicional: "Effects of Dust and Pollution on Wind Turbine Blades" publicado en Energy Procedia, que menciona pérdidas similares en climas secos o polvorientos.

#### **Pérdidas por Desalineación con el Viento**

La falta de orientación perfecta hacia la dirección del viento provoca pérdidas que varían entre 2% y 5%. Esto se menciona en muchos estudios sobre aerogeneradores, incluyendo el "Wind Power Generation and Wind Turbine Design" de Wei Tong. Otro estudio que aborda las pérdidas por desalineación es el informe técnico del National Renewable Energy Laboratory (NREL) en su serie de investigaciones sobre aerogeneradores.

#### **Pérdidas en el Sistema de Conversión de Energía (Inversores y Electrónica)**

Las pérdidas por conversión de energía, típicas en los inversores, están ampliamente documentadas en estudios sobre sistemas fotovoltaicos y eólicos. Los inversores suelen tener eficiencias de entre el 90% y 95%. Un buen punto de referencia es "Power Electronics for Renewable and Distributed Energy Systems" de Sudipta Chakraborty, que cubre en detalle las

pérdidas en sistemas de conversión. Fuente de consulta manual técnico de inversores de fabricantes como SMA Solar Technology y ABB, que mencionan este rango de pérdidas.

Incorporación de perdidas al sistema.

$$E_{\text{real}}(\text{kWh/día}) = E_{\text{generada}} \times (1 - P_{\text{pérdidas totales}}) \times (1 - P_{\text{pérdidas almacenamiento}}) \times (1 - P_{\text{pérdidas adicionales}})$$

Donde:

P totales = 0.25 (25% de pérdidas aerodinámicas, mecánicas y eléctricas).

P almacenamiento = 0.10 (10% de pérdidas por almacenamiento).

P adicionales = 0.33 (33% de pérdidas adicionales).

Entonces:

$$E_{\text{real}}(\text{kWh/día}) = 0.54 \text{ kWh/día} \times (1 - 0.25) \times (1 - 0.10) \times (1 - 0.33)$$

$$E_{\text{real}}(\text{kWh/día}) = 0.54 \text{ kWh/día} \times 0.75 \times 0.90 \times 0.67 = 0.2449 \text{ kWh/día}$$

Multiplicamos la generación diaria por 30 días para obtener la generación mensual:

$$E_{\text{real}}(\text{kWh/mes}) = 0.2449 \text{ kWh/día} \times 30 \text{ días} = 7.35 \text{ kWh/mes}$$

Un aerogenerador residencial de 0.3 kW en la región de Ica, considerando todas las pérdidas, generaría aproximadamente 7.35 kWh/mes, lo que cubriría aproximadamente el 45.94% del consumo energético promedio mensual de una vivienda rural (16 kWh/mes). Esto indica que un aerogenerador de este tamaño podría ayudar significativamente a reducir la dependencia de la red eléctrica, pero sería necesario complementarlo con otras fuentes de energía (como paneles solares) o con un sistema más grande para cubrir el total del consumo.

### **Costos estimados del sistema**

Aerogenerador (0.3 kW): El precio de los aerogeneradores residenciales de pequeña capacidad puede variar según la tecnología (direct-drive o con caja de engranajes), el fabricante, y el mercado. Un costo aproximado podría rondar los \$1,200 para un aerogenerador de buena calidad.

Inversor (0.3 kW): Para un sistema pequeño, el costo del inversor será menor que el estimado inicialmente. En este caso, un inversor de 0.3-0.5 kW debería costar entre \$250 - \$400. El inversor puede ser menos costoso en comparación con uno de 1 kW.

Baterías de Almacenamiento (3-5 kWh): Debido a que la energía generada es menor, el banco de baterías no necesita ser tan grande como en el caso de un aerogenerador más potente. Se podría utilizar un sistema de almacenamiento más pequeño, lo que podría reducir el costo a \$500 - \$800.

Estructura de Soporte: Una estructura de soporte más pequeña sería suficiente para un aerogenerador de 0.3 kW, con un costo estimado de entre \$100 - \$200.

Cableado y Accesorios: El costo del cableado y los accesorios no debería cambiar mucho, ya que la cantidad de energía que se maneja es baja. Estimaría entre \$100 - \$150 para este componente.

Instalación y Mano de Obra: Dado que el aerogenerador es más pequeño y requiere menos trabajo de instalación, el costo de mano de obra podría reducirse a entre \$300 - \$600.

Mantenimiento Anual: El mantenimiento debería seguir siendo similar, pero para un sistema más pequeño, podría ser más bajo. Estimo entre \$80 - \$200 al año para el mantenimiento.

Tabla V

PRESUPUESTO PARA INSTALACION DE AEROGENERADOR

| Componente                 | Costo Mínimo (USD) | Costo Máximo (USD) | Descripción  |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--|
| Aerogenerador (0.3 kW)     | \$1,000            | \$1,200            | Aerogenerador de 0.3 kW. Incluye las palas, generador y sistemas de control básicos.     |
| Inversor (0.3-0.5 kW)      | \$250              | \$400              | Convierte la energía generada en corriente alterna utilizable en el hogar.               |
| Baterías de Almacenamiento | \$500              | \$800              | Bancos de baterías para almacenar la energía (capacidad aproximada de 5 kWh).            |
| Estructura de Soporte      | \$100              | \$200              | Torre o estructura para instalar el aerogenerador a una altura adecuada.                 |
| Cableado y Accesorios      | \$100              | \$150              | Incluye cables eléctricos, conectores y otros accesorios necesarios.                     |
| Instalación y Mano de Obra | \$300              | \$600              | Mano de obra para la instalación del aerogenerador, inversor, baterías y cableado.       |
| Mantenimiento Anual        | \$80               | \$200              | Costos de mantenimiento anual (revisión del aerogenerador, limpieza, lubricación, etc.). |

Para calcular el Retorno de Inversión (ROI) de un sistema de aerogenerador residencial de 0.3 kW, primero necesitamos establecer algunos parámetros clave:

Costo del sistema: Usaremos los costos mínimos y máximos previamente calculados.

Costo mínimo: \$2,330

Costo máximo: \$3,550

Ahorro mensual: Este se basa en el valor de la energía generada por el aerogenerador, que en nuestro cálculo anterior es de 7.35 kWh/mes. El costo de la electricidad en Perú, según datos aproximados, es de \$0.12/kWh.

Ahorro mensual = 7.35 kWh \* \$0.12/kWh = \$0.88/mes (aproximado).

Ahorro anual: Multiplicamos el ahorro mensual por 12:

Ahorro anual = \$0.88 \* 12 = \$10.56/año.

El ROI se calcula de la siguiente manera:

$$\text{ROI} = \left( \frac{\text{Ahorro Anual}}{\text{Costo Total del Sistema}} \right) \times 100$$

Vamos a calcular el ROI usando los costos mínimos y máximos del sistema.

El Retorno de Inversión (ROI) estimado para el sistema de aerogenerador de 0.3 kW es el siguiente:

ROI mínimo (costo mínimo de \$2,330): 0.45% anual.

ROI máximo (costo máximo de \$3,550): 0.30% anual.

Estos valores reflejan un ROI bajo debido a la pequeña capacidad de generación de energía y el costo inicial del sistema. A este ritmo, el tiempo de retorno de la inversión sería bastante largo (más de 200 años), lo que indica que el sistema, tal como está planteado, no es económicamente viable únicamente por los ahorros de electricidad. Sin embargo, otros factores, como el uso de incentivos gubernamentales o la combinación con otros sistemas (como solar), podrían mejorar este resultado.



Fig. 9 Aerogenerador para una vivienda ecológica

Para realizar el cálculo de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, tomaremos en cuenta el siguiente desglose:

Emisiones de CO<sub>2</sub> por fuente de energía fósil: Utilizaremos el promedio global de 0.475 kg de CO<sub>2</sub> por kWh generado. Este valor representa un promedio de varias fuentes de energía fósil (gas natural, carbón, petróleo).

Generación anual de energía del aerogenerador: El aerogenerador genera 88.2 kWh al año, basado en el cálculo previo de generación mensual de 7.35 kWh/mes.

Reducción de CO<sub>2</sub>: Dado que el aerogenerador sustituye la energía que, de otro modo, se habría generado a partir de combustibles fósiles, el cálculo se centra en cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se evitarían usando el aerogenerador.

$$\text{Reducción de CO}_2 = \text{Energía generada (kWh)} \times \text{Emisiones evitadas}$$

Energía generada anual: 88.2 kWh/año.

Emisiones evitadas: 0.475 kg de CO<sub>2</sub> por kWh.

Reducción anual de CO<sub>2</sub>: 41.9 kg de CO<sub>2</sub> al año.

Reducción mensual de CO<sub>2</sub>: 3.49 kg de CO<sub>2</sub> al mes.

Este es el impacto positivo en la reducción de emisiones al utilizar un aerogenerador de 0.3 kW en lugar de fuentes de energía fósil para generar la electricidad en la vivienda. Si necesitas más detalles o ajustes, estaré encantado de ayudarte.

### **Impacto en la huella de carbono**

El impacto total en la huella de carbono al usar un aerogenerador de 0.3 kW depende del tipo de consumo energético que está reemplazando y las emisiones que se evitan. Para evaluar el impacto total en la huella de carbono, haremos un análisis considerando:

Reducción de CO<sub>2</sub>: Ya sabemos que el aerogenerador de 0.3 kW genera 88.2 kWh/año, lo que reduce aproximadamente 41.9 kg de CO<sub>2</sub>/año.

Según diversos estudios, el consumo energético residencial promedio en muchos países (incluyendo Perú) es responsable de aproximadamente 4,000 kg de CO<sub>2</sub>/año en hogares que dependen de fuentes fósiles de energía. Este valor incluye electricidad, calefacción, agua caliente y otros usos energéticos.

El aerogenerador que estamos considerando tiene un pequeño impacto comparado con el total, ya que es de solo 0.3 kW.

Para calcular el porcentaje de la huella de carbono total de un hogar que se reduciría usando el aerogenerador, podemos usar la siguiente fórmula:

Reducción de la huella de carbono (%) =

$$\left( \frac{\text{Reducción de CO2 (kg)}}{\text{Huella de carbono promedio del hogar (kg)}} \right) \times 100$$

El impacto total en la huella de carbono de un hogar al utilizar un aerogenerador de 0.3 kW sería una reducción del 1.05% de la huella de carbono anual promedio de un hogar que genera aproximadamente 4,000 kg de CO2 al año.

Este porcentaje muestra que, aunque el impacto del aerogenerador es positivo, sigue siendo modesto debido a su capacidad limitada. Para un impacto mayor, sería necesario aumentar la capacidad del sistema o combinarlo con otras fuentes de energía renovable, como paneles solares.

#### IV. DISCUSIÓN.

La implementación de sistemas de energía fotovoltaica en viviendas rurales en Ica tiene un potencial significativo para mejorar la sostenibilidad y la autosuficiencia energética. Sin embargo, hay varios factores que deben ser considerados de manera crítica para evaluar la viabilidad y efectividad de estos sistemas. En el análisis, se calculó que dos paneles solares de 350 W cada uno podrían generar aproximadamente 16.212 kWh/mes, cubriendo el consumo mensual de 16 kWh de una vivienda. Esto se basa en una eficiencia del sistema ajustada a 15.44% considerando diversas pérdidas. Se asumió un promedio de 5 horas solares pico por día, lo cual es razonable para Ica, una región con alta irradiancia solar. Las pérdidas por temperatura y acumulación de polvo son significativas en climas cálidos y polvorientos como Ica. El ajuste a una eficiencia del 15.44% es conservador y refleja condiciones reales. La eficiencia de conversión del 20% para paneles monocristalinos es alta, pero factible con la tecnología actual. Se estimó una reducción de 86.4 kg de CO<sub>2</sub> por año al cubrir completamente el consumo eléctrico con energía solar. Esto destaca el beneficio ambiental significativo de reducir la dependencia de combustibles fósiles. La implementación de energía solar en viviendas rurales contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la huella de carbono y promover el uso de recursos renovables. El costo inicial de instalación, sin considerar incentivos gubernamentales, se estimó entre \$1,900 y \$3,600 para un sistema de 2 paneles solares. El ROI fue negativo en ambos escenarios (con y sin incentivos), indicando que la inversión no se recupera dentro de un período razonable basado solo en ahorros en la factura de electricidad. El tiempo de recuperación de la inversión fue considerablemente largo, entre 40 y 75 años con incentivos y entre 66 y 125 años sin ellos.

Las condiciones locales, como la disponibilidad de espacio para instalar los paneles y la orientación adecuada para maximizar la captación solar, son fundamentales. La necesidad de limpiar los paneles regularmente para mantener la eficiencia y realizar inspecciones periódicas es crucial en áreas polvorientas. La incorporación de baterías para almacenamiento de energía es importante para asegurar un suministro continuo, especialmente en áreas con acceso limitado a la red eléctrica. Los sistemas solares aumentan la resiliencia energética al proporcionar una fuente de energía confiable y autónoma; Desde una perspectiva social la capacidad de generar electricidad de manera independiente fortalece la autosuficiencia de las comunidades rurales. La implementación de sistemas solares puede servir como herramienta educativa para aumentar la conciencia sobre la sostenibilidad y las energías renovables.

La implementación de paneles solares en viviendas rurales en Ica presenta beneficios ambientales significativos y la oportunidad de mejorar la autosuficiencia energética. Sin embargo, los altos costos iniciales y el largo tiempo de recuperación de la inversión son barreras considerables que deben ser abordadas. Los incentivos gubernamentales y programas de apoyo financiero son cruciales para hacer que estos sistemas sean económicamente viables. Además, la educación y el empoderamiento

comunitario juegan un papel importante en la adopción y sostenibilidad de la energía solar en áreas rurales. En resumen, mientras que la energía solar ofrece un camino hacia un futuro más sostenible, su éxito depende de una combinación de apoyo económico, conciencia comunitaria y adaptaciones tecnológicas.

El uso de un aerogenerador de 0.3 kW en viviendas rurales de la región de Ica, Perú, presenta un enfoque innovador para promover la sostenibilidad energética. Sin embargo, una evaluación crítica revela tanto sus beneficios como sus limitaciones, lo que es clave para comprender si este tipo de sistema puede realmente impulsar una transformación significativa en términos de energía renovable y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Al generar aproximadamente 88.2 kWh/año, un aerogenerador de 0.3 kW puede cubrir una parte del consumo energético de una vivienda rural típica (16 kWh/mes). Esto representa una contribución tangible a la reducción de la dependencia de fuentes de energía fósiles, lo que es crucial en la transición hacia energías más limpias.

El impacto positivo en la reducción de emisiones de 41.9 kg de CO<sub>2</sub>/año es significativo para una sola vivienda, especialmente cuando se considera que las fuentes de energía fósil emiten, en promedio, 0.475 kg de CO<sub>2</sub> por kWh generado.

En áreas rurales y remotas, donde el acceso a la red eléctrica es limitado, los aerogeneradores permiten generar energía de manera autónoma. Esto resulta en una mayor resiliencia energética y puede mejorar la calidad de vida de los habitantes.

La generación de energía de un aerogenerador depende directamente de la velocidad y consistencia del viento. En Ica, con una velocidad media de viento de aproximadamente 5 m/s, el aerogenerador funciona por debajo de su capacidad nominal (normalmente calculada para velocidades de 12 m/s). Esto reduce su eficiencia y limita su generación de energía a solo 6 horas útiles al día. Además, en periodos sin viento, el sistema se vuelve inoperante, lo que puede resultar en una falta de suministro energético si no se cuenta con un respaldo adecuado (por ejemplo, almacenamiento en baterías o energía solar).

Una solución prometedora para mitigar las limitaciones del aerogenerador es combinarlo con un sistema fotovoltaico, creando un sistema híbrido de energía renovable. Esto compensaría las horas de baja o nula generación de energía eólica con la energía solar, maximizando la generación durante todo el día.

En Ica, con una irradiación solar promedio de 5 kWh/m<sup>2</sup>/día, un panel solar de 350 W puede generar alrededor de 52.5 kWh/mes, lo que combinado con la energía del aerogenerador cubriría todo el consumo energético de la vivienda y proporcionaría excedentes.

Para hacer viable económicamente la adopción de aerogeneradores en áreas rurales, sería necesario contar con incentivos gubernamentales o subsidios que reduzcan los costos iniciales. Programas que financien la instalación de tecnologías limpias podrían mejorar considerablemente el ROI y fomentar su adopción.

En Perú, el gobierno ha implementado varias políticas e incentivos para promover el uso de energías renovables. Estos incentivos están enfocados en fomentar la generación de electricidad a partir de fuentes limpias, como la solar, eólica, biomasa y geotérmica, tanto a nivel industrial como residencial. A continuación, te detallo los principales incentivos y programas que existen en Perú para apoyar la adopción de energías renovables:

**Ley N° 1002 (2008):** Esta ley establece el Régimen de Recursos Energéticos Renovables (RER) y promueve la inversión en generación de electricidad a partir de fuentes renovables, como la energía solar, eólica, biomasa, hidroeléctrica y geotérmica.

**Subastas RER:** El Ministerio de Energía y Minas (MINEM), a través de la Osinergmin, realiza subastas para otorgar contratos a proyectos de energías renovables. Estas subastas aseguran un precio fijo de venta de electricidad a la red por un período de hasta 20 años, lo que ofrece estabilidad a los inversores en proyectos renovables.

**Tarifas preferenciales:** Los proyectos de energías renovables pueden vender la energía generada a un precio preferencial, lo que mejora la viabilidad económica de estas inversiones.

Los equipos que forman parte de sistemas de energías renovables (como paneles solares, aerogeneradores, inversores y baterías) pueden estar exonerados del Impuesto General a las Ventas (IGV) si forman parte de proyectos bajo el Régimen de Recursos Energéticos Renovables.

Aranceles reducidos o exoneraciones para la importación de equipos relacionados con energías renovables también han sido aplicados en algunas ocasiones para fomentar la instalación de tecnología solar y eólica.

El Programa Nacional de electrificación rural del Ministerio de Energía y Minas tiene como objetivo llevar electricidad a zonas rurales y alejadas del país a través de tecnologías limpias, como sistemas solares y pequeños proyectos eólicos. El programa proporciona incentivos para la instalación de estos sistemas en áreas no conectadas a la red eléctrica nacional.

**Subsidios:** En áreas rurales, las viviendas pueden recibir subsidios o incluso la instalación gratuita de sistemas fotovoltaicos (paneles solares) para asegurar el acceso a la electricidad.

**Fondo de Inversión en Energía Renovable:** FONER es un fondo destinado a apoyar proyectos de generación de energía renovable a pequeña escala, principalmente en zonas rurales. Este fondo, promovido por el MINEM, ofrece apoyo financiero y técnico para la implementación de tecnologías solares, eólicas, hidroeléctricas y de biomasa.

Perú ha recibido financiamiento de organismos internacionales, como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para el desarrollo de proyectos de energías renovables. Estos financiamientos han facilitado la creación de programas de electrificación rural con energías limpias, incluyendo aerogeneradores y sistemas solares.

## V. CONCLUSIÓN.

- el tiempo de recuperación de la inversión para un sistema de paneles solares es considerablemente largo debido al bajo consumo energético mensual (16 kWh). Los valores negativos del ROI indican que, financieramente, la inversión en paneles solares no es rentable en este escenario sin incentivos. Sin embargo, es importante considerar otros beneficios como la independencia energética, la reducción de la huella de carbono y la contribución a la sostenibilidad ambiental, que también son factores significativos a la hora de decidir invertir en energía solar; Al instalar 2 paneles solares de 350 W cada uno en una vivienda con un consumo mensual de 16 kWh, se puede generar aproximadamente 16.212 kWh/mes, lo cual cubre completamente el consumo mensual de la vivienda. Esto resulta en una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 86.4 kg por año, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad ambiental y reduciendo la huella de carbono de la vivienda.
- El análisis del sistema de aerogenerador de 0.3 kW en una vivienda rural de la región de Ica muestra que, aunque la generación de energía renovable es posible y reduce en aproximadamente 41.9 kg de CO<sub>2</sub> las emisiones anuales, su impacto es limitado en términos de capacidad y viabilidad económica. El sistema puede cubrir alrededor del 45% del consumo energético mensual de una vivienda rural promedio, pero el Retorno de Inversión (ROI) es bajo, con un valor entre 0.30% y 0.45% anual, lo que implica un largo tiempo para recuperar la inversión inicial, estimada entre \$2,330 y \$3,550. Además, la dependencia del viento reduce la eficiencia del sistema, con solo 6 horas útiles de generación al día, y no es suficiente para cubrir la totalidad de las necesidades energéticas de un hogar. En términos de reducción de la huella de carbono, el impacto es modesto, con una disminución aproximada del 1.05% de la huella de carbono promedio de un hogar que depende de fuentes fósiles. Si bien esto representa un paso positivo hacia la sostenibilidad, por sí solo no es suficiente para lograr una transformación energética significativa.

## VI. RECOMENDACION.

- La adopción de sistemas de energía solar en viviendas ecológicas para personas con mayores recursos económicos representa una inversión inteligente y sostenible. Aprovechando las tecnologías de alta eficiencia, sistemas de almacenamiento avanzados, y un diseño integrado, los propietarios pueden disfrutar de una reducción significativa en sus costos energéticos, mayor independencia energética y un impacto ambiental positivo. La clave del éxito radica en una planificación detallada, la selección de equipos de calidad y un enfoque proactivo en el mantenimiento y la educación sobre la energía renovable. Con estas estrategias, las viviendas ecológicas pueden liderar el camino hacia un futuro más sostenible y responsable.
- Se recomienda complementar el sistema de aerogenerador con paneles solares, creando un sistema híbrido de energía solar-eólica que maximice la generación de energía durante todo el día, compensando las limitaciones de ambos sistemas. Esto podría cubrir la totalidad del consumo energético de la vivienda y generar excedentes. Además, sería conveniente buscar incentivos gubernamentales o subsidios que reduzcan el costo inicial de instalación, mejorando el ROI y fomentando una adopción más amplia de estas tecnologías en áreas rurales. Finalmente, si se busca aumentar la autosuficiencia energética, se debería considerar un aerogenerador de mayor capacidad, como uno de 1 kW, para generar más energía y reducir más significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, aunque esto implicaría un mayor costo inicial.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1]. García-Sánchez, D. (2020). La energía renovable como motor de una economía descarbonizada e inclusiva hacia el 2050. *Revista de Política Económica y Desarrollo Sostenible*, 6(1).
- [2]. Ordóñez Castiñeiras, S. (2018). Energías renovables: motor de cambio en áreas rurales.
- [3]. Chaparro León, M. A. (2018). Análisis comparativo de la implementación de energías renovables entre países como China y Colombia, como estrategia hacia el cambio climático.
- [4]. Pupuche Chicoma, M. G. (2022). Perfil de viabilidad de una planta de energía solar en el SEIN del Perú—Enfoque de generación distribuida.
- [5]. Cabeza Jo, P. (2020). Barreras al acceso al mercado de las energías renovables en el Perú y la importancia de un derecho energético ambiental.
- [6]. Baca, U. V., & Aita, P. G. (2018). Transición energética con energías renovables para la seguridad energética en el Perú: una propuesta de política pública resiliente al clima. *Espacio y Desarrollo*, (31), 195-224.
- [7]. Ormeño Berrocal, R. J. (2022). La energía eólica y su contribución a la reducción de gases de efecto invernadero matriz energética de San Juan de Marcona-Ica, 2019.
- [8]. Ministerio de Energía y Minas (MINEM), "Resolución Ministerial N.º 370-2020-MINEM/DM," Lima, Perú, 2020.
- [9]. Ministerio de Energía y Minas (MINEM), "Resolución Ministerial N.º 053-2021-MINEM/DM," Lima, Perú, 2021.

# **ANEXOS**

**Anexo 01: PORTADA ERCUE ELECTRICIDAD 2018**

Informe de Resultados  
Consumo y Usos de la Electricidad  
Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía – ERCUE 2018



Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar  
Lima – Perú

[www.osinerg.gob.pe](http://www.osinerg.gob.pe)

Gerencia de Políticas y Análisis Económico  
Teléfono: 219-3400 Anexo 1057

[http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Estudios\\_Economicos/77.htm](http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Estudios_Economicos/77.htm)

