

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Implementación de energía fotovoltaica para el
funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad
de un taller de confecciones textiles en Arequipa, 2024**

Luis Wilder Martinez Cardenas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

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

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Alberto Sergio Tejada Rojas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 5 de mayo de 2025

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

Título:

Implementación de energía fotovoltaica para el funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad de un taller de confecciones textiles de Arequipa, 2024

Autor:

LUIS WILDER MARTINEZ CARDENAS – EAP. Ingeniería Eléctrica

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

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (10): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

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

Atentamente,

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

ASESOR

Ma. Alberto Sergio Tejada Ramos

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Juan Luis y Genoveva Anastasia, y hermanos Edison, Alex, William, por su apoyo incondicional; sus consejos fueron fundamentales motivarme en alcanzar este logro profesional.

A mi esposa, Carla Zapana Bellido, un agradecimiento por su cariño y comprensión, el soporte brindado me ha permitido alcanzar objetivos.

DEDICATORIA

Con mucho cariño, este trabajo está dedicado a mis padres, quienes, gracias a su perseverancia y los valores inculcados, han sido los impulsores para que pueda superar los obstáculos y cumplir mis sueños.

A mi esposa y, de manera especial, a mi hija Camila Yadira Martínez Zapana, que son el principal motivo para que pueda superarme día a día. Su calidez y su amor, son el motor que me impulsa a seguir siempre para adelante.

ÍNDICE

ASESOR	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Problema principal	2
1.1.2 Problema secundario	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivo específico	3
1.3 Justificación	3
1.3.1 Justificación práctica.....	3
1.3.2 Justificación metodológica.....	4
1.3.3 Justificación social	4
1.3.4 Limitaciones y desafíos de la presente investigación	4
1.4 Viabilidad.....	6
1.4.1 Impacto económico	6
1.4.2 Análisis de Costo-Beneficio.....	7
1.4.3 Impacto ambiental.....	8
1.5 Hipótesis	10
1.5.1 Hipótesis general.....	10
1.5.2 Hipótesis específicas.....	10
1.6 Variables	10
1.6.1 Operacionalización de variables	10
1.6.2 Mejora de variables.....	12

CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Antecedentes de la investigación.....	15
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	15
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	16
2.2 Bases teóricas.....	19
2.2.1 Energía fotovoltaica.....	19
2.2.2 Importancia del efecto fotovoltaico.....	21
2.2.3 Componentes de un sistema fotovoltaico.....	22
2.2.4 Aplicaciones de la energía fotovoltaica.....	26
2.2.5 Radiación solar en Arequipa.....	28
2.2.6 Potencia eléctrica.....	32
CAPÍTULO III.....	36
METODOLOGÍA.....	36
3.1 Tipo de investigación.....	36
3.2 Nivel de investigación.....	36
3.3 Diseño de la investigación.....	36
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.5 Población y muestra.....	39
3.5.1 Población.....	39
3.5.2 Muestra.....	39
3.5.3 Recolección de datos.....	40
CAPÍTULO IV.....	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1 Presentación de resultados.....	42
4.1.1 Evaluar el consumo actual de energía eléctrica en el taller de confecciones textiles.....	44
4.1.2 Análisis de los niveles de radiación solar en Arequipa.....	46
4.1.3 Determinar el consumo energético de equipos de iluminación y publicidad para el taller de confecciones textiles.....	47
4.1.4 Diseñar e implementar la configuración óptima del sistema fotovoltaico para el taller de confecciones textiles.....	48
4.1.5 Análisis económico.....	54
4.2 Discusión.....	56
CAPÍTULO V.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58

5.1	Conclusiones	58
5.2	Recomendaciones	59
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Costo - beneficio	8
Tabla 2.	Resumen del consumo energético.....	39
Tabla 3.	Técnicas de recolección de datos.	40
Tabla 4.	Distribución de los tableros eléctricos.	44
Tabla 5.	Histórico de consumos de energía eléctrica 2023.....	45
Tabla 6.	Niveles de radiación solar 2023.	46
Tabla 7.	Consumo de energía eléctrica.	48
Tabla 8.	Consumo de energía eléctrica de cargas a suministrar con energía fotovoltaica.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Plano del taller textil.....	44
Figura 2.	Evolución del consumo mensual de energía eléctrica en kW-h.....	45
Figura 3.	Niveles de radiación solar kW-h/m ²	47
Figura 4.	Panel solar KYOCERA DE 320 w 12v.	50
Figura 5.	Inversor 12 V.	51
Figura 6.	Espacio de instalación.....	52

RESUMEN

El objetivo general del estudio fue implementar la energía fotovoltaica para el funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad en un taller de confecciones textiles en Arequipa, 2024. El método incluyó la evaluación del consumo actual de energía eléctrica, el análisis de los niveles de radiación solar, la determinación del consumo energético de los equipos y el diseño de una configuración óptima del sistema fotovoltaico. Los resultados mostraron un consumo energético diario de 8.64 kW-h y la necesidad de un sistema fotovoltaico capaz de generar 11,162 Wh/día, compuesto por 4 paneles solares de 320 W, reguladores, inversores y un banco de baterías adecuado. La conclusión del estudio destaca que la implementación del sistema fotovoltaico es viable y eficiente, reduciendo significativamente el consumo de energía convencional, mejorando la sostenibilidad y eficiencia energética del taller, y promoviendo el uso de fuentes de energía limpias.

Palabras clave: energía fotovoltaica, sostenibilidad, eficiencia energética.

ABSTRACT

The overall objective of the study was to implement photovoltaic energy to operate lighting and advertising equipment in a textile manufacturing workshop in Arequipa, Argentina, by 2024. The method included the evaluation of current electricity consumption, analysis of solar radiation levels, determination of equipment energy consumption, and the design of an optimal photovoltaic system configuration. The results showed a daily energy consumption of 8.64 kWh and the need for a photovoltaic system capable of generating 11,162 Wh/day, consisting of four 320 W solar panels, regulators, inverters, and an appropriate battery bank. The study's conclusion highlights that the implementation of the photovoltaic system is feasible and efficient, significantly reducing conventional energy consumption, improving the workshop's sustainability and energy efficiency, and promoting the use of clean energy sources.

Keywords: photovoltaics, sustainability, energy efficiency.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles han impulsado el desarrollo y la implementación de tecnologías de energía renovable en diversos sectores. La energía fotovoltaica, en particular, se ha destacado como una solución viable y eficiente para satisfacer las necesidades energéticas de manera sostenible. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo implementar la energía fotovoltaica para el funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad en un taller de confecciones textiles en Arequipa, 2024.

El taller de confecciones textiles enfrenta desafíos relacionados con el consumo elevado de energía eléctrica y los costos asociados, especialmente en períodos de alta demanda operativa. Además, la región de Arequipa presenta condiciones óptimas de radiación solar que pueden ser aprovechadas para generar energía limpia y renovable. Este estudio se enfoca en evaluar el consumo actual de energía eléctrica del taller, analizar los niveles de radiación solar en la región, determinar el consumo energético específico de los equipos de iluminación y publicidad, y diseñar una configuración óptima del sistema fotovoltaico que cubra estas necesidades.

La metodología utilizada incluyó un análisis detallado del consumo energético anual del taller, la identificación de los patrones de consumo mensual y la evaluación de la radiación solar disponible. Se calcularon las necesidades energéticas diarias y se dimensionaron los componentes del sistema fotovoltaico, incluyendo paneles solares, reguladores, inversores y bancos de baterías. Los resultados mostraron que el consumo diario para la iluminación y el panel publicitario es de 8.64 kW-h, lo que requirió la instalación de un sistema fotovoltaico capaz de generar 11,162 Wh/día. La implementación del sistema fotovoltaico no solo permitirá una reducción significativa del consumo de energía eléctrica convencional, sino que también promoverá la sostenibilidad y la eficiencia energética del taller. Este proyecto se alinea con las tendencias globales hacia el uso de fuentes de energía renovables y contribuye a la reducción del impacto ambiental. La investigación concluye que la adopción de tecnología fotovoltaica en el taller de confecciones textiles es una solución viable y beneficiosa, ofreciendo ventajas económicas, operativas y ambientales significativas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

La radiación solar que la Tierra recibe del sol es abundante y, si se utiliza de manera eficiente, tiene el potencial de generar una cantidad de energía significativamente mayor que la contenida en todas las reservas de combustibles fósiles. El fenómeno del efecto fotovoltaico, descubierto en el siglo XIX y fundamentado científicamente por Einstein, ofrece una solución prometedora. A pesar de la inmensidad de esta fuente de energía, su aprovechamiento óptimo representa un desafío considerable, dada su naturaleza difusa. [1]. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), la capacidad mundial para generar electricidad renovable está creciendo más rápido que nunca, con un aumento del 50% en 2023, alcanzando casi 510 gigavatios (GW). La energía solar fotovoltaica (PV) representó tres cuartas partes de estas adiciones en todo el mundo, con el mayor crecimiento en China. Se espera que las energías renovables superen al carbón para convertirse en la principal fuente de generación eléctrica mundial a principios de 2025 [2].

En Perú, la generación de electricidad ha estado tradicionalmente dominada por el gas natural, particularmente a raíz del proyecto Camisea. Este ha sido un pilar clave debido a su eficiencia económica, lo que ha llevado a que el gas natural sea una fuente energética principal en el país durante muchos años. Sin embargo, las tendencias globales y las políticas nacionales están cambiando gradualmente hacia fuentes de energía más sostenibles, como la energía solar, que se espera que se convierta en una de las principales fuentes de electricidad a nivel mundial para el año 2050. Según un informe de GlobalData, se espera que la energía renovable aumente de manera estable, aunque todavía estará por detrás de la generación térmica e hidroeléctrica para 2035. Este aumento se verá impulsado, tanto por el consumo industrial como residencial [3].

En este contexto, emerge el problema en la ciudad de Arequipa, donde los talleres de confecciones textiles enfrentan la necesidad de optimizar el consumo energético y reducir los costos operativos. Aunque la energía solar es el origen de diversas fuentes de energía renovables como la eólica, hidroeléctrica y biomasa, su conversión directa en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico es de especial relevancia para estos talleres [4]. Sin embargo, en Arequipa, la implementación de sistemas fotovoltaicos en talleres de confecciones textiles aún no se ha explorado en profundidad. En base a ello, se plantea interrogantes sobre cómo la energía solar puede ser efectivamente capturada y convertida para satisfacer las necesidades energéticas

específicas de estos talleres, mejorando así la calidad del servicio eléctrico y contribuyendo al medio ambiente al disminuir la dependencia de combustibles fósiles.

En los talleres de confecciones textiles de la ciudad de Arequipa, el consumo de energía eléctrica constituye una parte significativa de los costos operativos. Los talleres, suelen estar sujetos a tarifas planas de energía, lo cual representa entre el 15% y el 25% del costo total de operación. Los equipos de iluminación en áreas comunes y espacios de trabajo, así como los paneles publicitarios exteriores, aunque de baja potencia individual, contribuyen a un alto consumo energético debido a su extenso período de funcionamiento diario.

Además, se ha identificado que, en los citados talleres, no existe una cultura consolidada de ahorro de energía entre el personal. En una inspección realizada, se observó que, de cada 10 operadores del área de trabajo, solo unas pocas se responsabilizan de apagar las luces al salir; conllevando a un uso ineficiente de la energía y, por ende, a un aumento en la factura eléctrica mensual. La investigación actual busca abordar esta brecha, proponiendo el uso de energía fotovoltaica para alimentar equipos de iluminación y publicidad en los talleres de confecciones textiles de Arequipa en el año 2024, evaluando su viabilidad técnica.

Por tanto, la presente investigación se centra en la propuesta de implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles en Arequipa para el año 2024. El objetivo es aprovechar la energía solar, una fuente renovable, para alimentar los equipos de iluminación y los dispositivos de publicidad, reduciendo así los costos operativos relacionados con el consumo de energía eléctrica y contribuyendo al cuidado del medio ambiente. Se espera que esta transición hacia la energía solar no solo disminuya la dependencia de fuentes energéticas convencionales, sino que también fomente una cultura de eficiencia y ahorro energético entre el personal y los usuarios del taller.

1.1.1 Problema principal

¿De qué manera implementar la energía fotovoltaica para funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad de un taller de confecciones textiles de Arequipa, 2024?

1.1.2 Problema secundario

- a) ¿De qué manera evaluar el consumo actual de energía eléctrica en el taller de confecciones textiles?
- b) ¿De qué manera analizar los niveles de radiación solar en Arequipa?

- c) ¿De qué manera determinar el consumo energético de equipos de iluminación y publicidad para el taller de confecciones textiles?
- d) ¿De qué manera diseñar e implementar la configuración óptima del sistema fotovoltaico para el taller de confecciones textiles?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Proponer la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles en Arequipa, para reducir los costos operativos relacionados con el consumo de energía.

1.2.2 Objetivo específico

- a) Evaluar el consumo actual de energía eléctrica del taller y analizar los niveles de radiación solar en la región.
- b) Determinar el consumo energético específico de los equipos de iluminación y publicidad.
- c) Diseñar una configuración óptima del sistema fotovoltaico que cubra las necesidades energéticas del taller.
- d) Sensibilizar y educar a la comunidad sobre la importancia de las energías renovables.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica

La implementación de energía fotovoltaica en el taller de confecciones textiles en Arequipa, prevista para el año 2024, marcará un hito en la operación de la empresa desde una perspectiva práctica. En el futuro, el taller experimentará una eficiencia energética notable y una reducción significativa en los costos operativos, gracias a su menor dependencia de la red eléctrica convencional y al aprovechamiento de una fuente renovable y sostenible. Esta medida no solo permitirá al taller minimizar su huella de carbono, reafirmando su compromiso con el medio ambiente, sino que también mejorará su imagen de marca en un mercado cada vez más inclinado hacia negocios responsables y conscientes del impacto ambiental. Además, al garantizar una mayor independencia y seguridad energética, el taller evitará las interrupciones frecuentes en el suministro eléctrico, permitiéndole mantener una producción constante y eficiente.

1.3.2 Justificación metodológica

La justificación metodológica para la implementación de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles en Arequipa en 2024 se centra en un enfoque de investigación aplicada. El proyecto práctico abordará problemas específicos del taller, como la necesidad de una energía eficiente y sostenible, utilizando conocimientos y tecnologías actuales. Se llevará a cabo un análisis costo-beneficio para evaluar la inversión inicial frente a los ahorros a largo plazo en costos de energía, incluyendo beneficios intangibles como mejoras en la imagen de marca y contribuciones al medio ambiente. Un estudio de viabilidad técnica determinará la factibilidad de instalar y mantener un sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de Arequipa, la infraestructura existente y las necesidades energéticas específicas del taller.

1.3.3 Justificación social

La implementación de un sistema de energía fotovoltaica en el taller de confecciones textil tiene un impacto social significativo, ya que contribuirá a la sensibilización y educación de la comunidad sobre la importancia de las energías renovables. Al adoptar prácticas sostenibles, el taller se posicionará como un líder en responsabilidad ambiental dentro de la comunidad local, fomentando una mayor conciencia sobre el cuidado del medio ambiente. Este proyecto tiene el potencial de inspirar a otros negocios y residentes en Arequipa a considerar alternativas energéticas más limpias, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la región.

1.3.4 Limitaciones y desafíos de la presente investigación

a) Limitaciones:

Disponibilidad y precisión de datos:

La investigación se enfrenta a la limitación de la disponibilidad y precisión de datos relacionados con la irradiación solar y el consumo energético específico del taller. La falta de datos precisos puede afectar la validez de los resultados y las conclusiones.

Enfoque en un solo taller:

El estudio se centra en un único taller de confecciones textiles, lo que puede restringir la generalización de los resultados a otros talleres o industrias. La variabilidad en el consumo energético y las condiciones operativas en diferentes talleres puede influir en la aplicabilidad de los hallazgos.

Horizonte temporal limitado:

La investigación se limita a un horizonte temporal de un año, lo que impide una evaluación a largo plazo del impacto y sostenibilidad del sistema fotovoltaico implementado. Un análisis más extenso podría proporcionar información valiosa sobre la durabilidad y el rendimiento del sistema a lo largo del tiempo.

Desafíos técnicos y financieros:

No se abordaron en detalle los desafíos técnicos y financieros asociados con la implementación de la tecnología fotovoltaica, como los costos iniciales de instalación y mantenimiento, así como las fluctuaciones en la eficiencia de los paneles solares debido a condiciones climáticas variables.

b) Desafíos

Conciencia y cultura de ahorro energético:

La falta de una cultura consolidada de ahorro de energía entre el personal del taller puede ser un desafío significativo. La sensibilización y educación del personal son cruciales para maximizar la eficiencia energética y el uso adecuado del sistema fotovoltaico.

Variabilidad en la demanda energética:

La investigación identificó variaciones mensuales significativas en el consumo de energía, lo que sugiere que la demanda energética no es constante. Esto puede complicar la planificación y dimensionamiento del sistema fotovoltaico, ya que se deben considerar picos de demanda y su impacto en la capacidad del sistema.

Integración con la red eléctrica:

La integración del sistema fotovoltaico con la red eléctrica convencional puede presentar desafíos técnicos y regulatorios. Es importante considerar cómo se gestionará la energía excedente y cómo se manejarán las interacciones con la red.

Evaluación de impacto ambiental:

Aunque se menciona el impacto ambiental positivo de la implementación de energía solar, no se realizó un análisis detallado de este aspecto. Futuras investigaciones podrían beneficiarse de

una evaluación más exhaustiva del impacto ambiental, incluyendo la reducción de emisiones y el uso de recursos.

1.4 Viabilidad

La viabilidad económica de un proyecto de energía fotovoltaica se puede evaluar a través de un análisis de costo-beneficio, que incluye la inversión inicial, los costos operativos, los ahorros en energía y el retorno de la inversión.

1.4.1 Impacto económico

El impacto económico del estudio sobre la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles en Arequipa se puede desglosar en varios aspectos clave:

Reducción de costos operativos

- **Ahorro en facturas de energía:** la investigación indica que el consumo de energía eléctrica representa entre el 15% y el 25% del costo total de operación del taller. La implementación de un sistema fotovoltaico puede reducir significativamente estos costos al disminuir la dependencia de la red eléctrica convencional.
- **Ahorro a largo plazo:** se espera que la inversión inicial en el sistema fotovoltaico se recupere en un período relativamente corto, con un retorno de inversión que podría ser comparable a otros estudios que muestran ahorros significativos en costos operativos (hasta un 30% en algunos casos).

Eficiencia energética

- **Optimización del consumo energético:** la investigación se centra en el análisis del consumo energético específico de los equipos de iluminación y publicidad, lo que permite diseñar un sistema fotovoltaico que cubra estas necesidades de manera eficiente. Esto no solo reduce costos, sino que también mejora la eficiencia operativa del taller.

Independencia energética

Menor dependencia de la red eléctrica: al utilizar energía solar, el taller puede reducir su vulnerabilidad a las fluctuaciones en los precios de la electricidad y a las interrupciones en el suministro eléctrico, lo que se traduce en una mayor estabilidad en la operación y producción.

Mejora en la imagen de marca

- Responsabilidad ambiental: la adopción de un sistema de energía renovable puede mejorar la percepción del taller en el mercado, atrayendo a clientes que valoran la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Esto puede traducirse en un aumento en la demanda de productos y, por ende, en mayores ingresos.

Inversión inicial y creación de empleo

Costos de instalación: aunque la inversión inicial puede ser un desafío, la instalación de un sistema fotovoltaico puede generar empleo local durante la fase de implementación, contribuyendo a la economía regional.

Fomento de la innovación: la implementación de tecnologías renovables puede incentivar a otros talleres y empresas en la región a considerar inversiones similares, promoviendo un entorno empresarial más innovador y sostenible.

Impacto social y comunitario

Sensibilización sobre energías renovables: la implementación del sistema puede servir como un modelo para otros negocios en Arequipa, fomentando una mayor conciencia sobre el uso de energías limpias y sostenibles, lo que puede tener un efecto multiplicador en la economía local.

1.4.2 Análisis de Costo-Beneficio

Inversión inicial:

- Costo de paneles solares: S/. 309,354.25
- Costo de inversores y baterías: incluido en la inversión total.

Costos operativos:

- Mantenimiento anual: estimación de costos de mantenimiento (por ejemplo, S/. 1,000 anuales).
- Costos de energía convencional: ahorros proyectados en costos de energía eléctrica.

Ahorros en energía:

- Ahorro anual estimado: S/. 303.14
- Ahorro Total en 20 años: S/. 6,062.80 (303.14 * 20).

Retorno de la Inversión (ROI):

- Valor Actual Neto (VAN): S/. 44,981.85
- Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): 14%
- Periodo de Retorno de la Inversión: 7 años

Cuadro de costo-beneficio

Tabla 1. Costo - beneficio

Concepto	Valor (S/.)
Inversión Inicial	309,354.25
Costos Operativos Anuales	1,000
Ahorro Anual Estimado	303.14
Ahorro Total en 20 años	6,062.80
Valor Actual Neto (VAN)	44,981.85
Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	14%
Periodo de Retorno de la Inversión	7 años

- La inversión inicial es significativa, pero los ahorros en costos de energía y la rentabilidad a largo plazo hacen que el proyecto sea económicamente viable.
- La implementación de un sistema fotovoltaico no solo reduce costos operativos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al disminuir la dependencia de fuentes de energía convencionales.

Este análisis proporciona una visión clara de la viabilidad económica del proyecto, destacando los beneficios a largo plazo de la inversión en energía solar.

1.4.3 Impacto ambiental

El estudio sobre la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles en Arequipa implica varios impactos ambientales positivos, que se pueden detallar de la siguiente manera:

Reducción de Emisiones de CO2

Disminución de la huella de carbono: al utilizar energía solar en lugar de energía eléctrica convencional, que a menudo proviene de fuentes fósiles, se espera una reducción significativa en las emisiones de dióxido de carbono (CO2). Esto contribuye a mitigar el cambio climático y a mejorar la calidad del aire.

Uso de energía renovable

Aprovechamiento de recursos naturales: la implementación de un sistema fotovoltaico permite aprovechar un recurso natural abundante en Arequipa: la radiación solar. Esto promueve el uso de energías renovables, que son más sostenibles a largo plazo en comparación con los combustibles fósiles.

Disminución de la dependencia de combustibles fósiles

Menor extracción y consumo de recursos no renovables: al reducir la dependencia de la red eléctrica convencional, que puede estar basada en la quema de combustibles fósiles, se disminuye la necesidad de extracción y consumo de estos recursos, lo que tiene un impacto positivo en la conservación del medio ambiente.

Promoción de la sostenibilidad

Modelo de negocio sostenible: la adopción de tecnologías de energía renovable en el taller puede servir como un modelo para otros negocios en la región, promoviendo prácticas sostenibles y responsables que pueden ser replicadas en otras industrias.

Educación y conciencia ambiental

Sensibilización de la comunidad: la implementación de un sistema fotovoltaico puede contribuir a la educación y sensibilización de la comunidad sobre la importancia de las energías renovables y la sostenibilidad. Esto puede inspirar a otros negocios y residentes a considerar alternativas energéticas más limpias.

Reducción de residuos

Menor generación de residuos tóxicos: al disminuir el uso de energía convencional, se reduce la generación de residuos asociados con la producción y el consumo de combustibles fósiles, así como los residuos generados por la infraestructura eléctrica convencional.

Impacto en la biodiversidad

Conservación de ecosistemas: la reducción en la demanda de energía convencional puede contribuir a la conservación de ecosistemas locales al disminuir la necesidad de infraestructura energética que puede afectar la biodiversidad y los hábitats naturales.

En resumen, el estudio sobre la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles en Arequipa tiene un impacto ambiental positivo significativo. Al reducir las emisiones de CO₂, promover el uso de energías renovables, disminuir la dependencia de combustibles fósiles, y fomentar la educación ambiental, este proyecto no solo beneficia al taller, sino que también contribuye a la sostenibilidad y salud del medio ambiente en la región.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La implementación de la energía fotovoltaica permitirá el funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad de un taller de confecciones textiles de Arequipa, 2024.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a) El taller de confecciones textiles tiene un patrón de consumo energético que puede ser significativamente reducido mediante la implementación de medidas de eficiencia energética y el uso de energías renovables.
- b) La radiación solar en Arequipa es suficientemente alta para justificar la implementación de un sistema fotovoltaico como una fuente eficiente y rentable de energía para el taller de confecciones textiles.
- c) Los equipos de iluminación y publicidad del taller de confecciones textiles representan una porción significativa del consumo total de energía, y su eficiencia puede ser mejorada sustancialmente mediante el uso de un sistema fotovoltaico adaptado a sus necesidades específicas.
- d) La configuración óptima de un sistema fotovoltaico para el taller de confecciones textiles puede ser diseñada e implementada para satisfacer las necesidades energéticas específicas del taller, resultando en una reducción de costos y un aumento en la sostenibilidad operacional.

1.6 Variables

1.6.1 Operacionalización de variables

Se pueden identificar dos variables principales: la variable independiente (utilización de energía fotovoltaica) y la variable dependiente (funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad).

Variable independiente

a) Utilización de energía fotovoltaica

Definición: se refiere a la implementación y uso de un sistema de energía fotovoltaica para generar electricidad en el taller de confecciones textiles.

Operacionalización:

- Dimensiones:

Radiación solar: medida en kilovatios-hora por metro cuadrado (kWh/m²) para evaluar la disponibilidad de energía solar.

Número de módulos fotovoltaicos: cantidad de paneles solares instalados en el taller.

Potencia eléctrica generada: medida en kilovatios (kW) de la energía producida por el sistema fotovoltaico.

Horas de funcionamiento: tiempo durante el cual el sistema fotovoltaico está en operación y generando energía.

- Indicadores:

KW-h/m²: Cantidad de energía solar recibida en un área específica.

Número de módulos: total de paneles solares instalados.

KW: Potencia eléctrica generada por el sistema.

Horas: Tiempo de operación del sistema.

b) Variable dependiente

Funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad

Definición: Se refiere al desempeño y eficiencia de los equipos de iluminación y publicidad en el taller, que dependen del suministro de energía eléctrica.

Operacionalización:

- Dimensiones:

Consumo energético: cantidad de energía utilizada por los equipos de iluminación y publicidad, medida en kilovatios-hora (kWh).

Horas de funcionamiento: tiempo que los equipos de iluminación y publicidad están en uso.

Número de equipos: cantidad de equipos de iluminación y publicidad en funcionamiento.

- Indicadores:

KW: potencia eléctrica consumida por los equipos.

Horas: tiempo de uso de los equipos.

Veces/Horas: frecuencia de uso de los equipos en un período determinado.

La operacionalización de las variables permite establecer un marco claro para la recolección y análisis de datos, facilitando la evaluación del impacto de la implementación de energía fotovoltaica en el funcionamiento de los equipos del taller de confecciones textiles. Esto es esencial para validar las hipótesis del estudio y para tomar decisiones informadas sobre la eficiencia energética y la sostenibilidad del taller.

1.6.2 Mejora de variables

Las propuestas de mejora para las variables en el contexto de la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles pueden enfocarse en optimizar tanto la utilización de energía fotovoltaica (variable independiente) como el funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad (variable dependiente). A continuación, se presentan algunas propuestas específicas para cada variable:

Propuestas de mejora para la variable independiente: utilización de energía fotovoltaica

- Optimización del diseño del sistema fotovoltaico:

Realizar un análisis más detallado de la radiación solar en diferentes épocas del año para ajustar el número y la disposición de los paneles solares, maximizando la captación de energía.

- Incorporación de tecnología de seguimiento solar:

Implementar sistemas de seguimiento solar que ajusten la posición de los paneles a lo largo del día para aumentar la eficiencia de captación de energía solar.

- Mantenimiento regular del sistema:

Establecer un programa de mantenimiento preventivo para asegurar que los paneles solares y otros componentes del sistema (inversores, reguladores, baterías) funcionen de manera óptima y prolongar su vida útil.

- Capacitación del personal:

Proporcionar formación al personal sobre el uso y mantenimiento del sistema fotovoltaico, así como sobre la importancia de la eficiencia energética, para fomentar una cultura de sostenibilidad en el taller.

Propuestas de mejora para la variable dependiente: funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad

- Implementación de equipos de iluminación eficientes:

Sustituir las lámparas tradicionales por tecnologías más eficientes, como LED, que consumen menos energía y tienen una mayor vida útil.

- Automatización del control de iluminación:

Instalar sistemas de control automático que ajusten la iluminación según la luz natural disponible y el horario de operación, reduciendo el consumo energético innecesario.

- Monitoreo del consumo energético:

Utilizar dispositivos de monitoreo en tiempo real para rastrear el consumo energético de los equipos de iluminación y publicidad, permitiendo identificar picos de consumo y áreas de mejora.

- Evaluación y ajuste de horarios de funcionamiento:

Revisar y ajustar los horarios de operación de los equipos de iluminación y publicidad para alinearlos con las horas de mayor actividad, minimizando el uso de energía durante periodos de baja demanda.

La implementación de las propuestas de mejora puede contribuir significativamente a aumentar la eficiencia del sistema fotovoltaico y optimizar el funcionamiento de los equipos de iluminación y publicidad en el taller de confecciones textiles. Ello no solo reducirá el consumo de energía convencional, sino que también mejorará la sostenibilidad y la rentabilidad del taller a largo plazo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Chinchilla & Salinas (2022), en su estudio “Propuesta de sostenibilidad para la utilización de energía fotovoltaica en zonas residenciales de Bogotá. Un estudio de caso para el Conjunto Residencial Ciudad Tintal 2 Etapa 2”, tuvo como objetivo desarrollar una propuesta sostenible para la utilización de energía fotovoltaica en la zona residencial Ciudad Tintal 2 Etapa 2, ubicada en la localidad de Kennedy, Bogotá. El objetivo principal fue aprovechar las oportunidades de generación de energías limpias en el conjunto residencial, optimizando los recursos de la matriz eléctrica y buscando minimizar los costos de energía para los consumidores finales. La metodología incluyó la identificación de puntos clave de consumo eléctrico y un análisis de precios de mercado para estimar la inversión en un sistema fotovoltaico adecuado. Los resultados mostraron que la implementación del sistema fotovoltaico requerido implicaría una inversión de \$126.464.995 COP. Se caracterizó la Zona 4 como el área de mayor consumo eléctrico y se planificó la instalación de 107 paneles solares y 20 baterías, entre otros componentes, para satisfacer esta demanda. Económicamente, se proyectó una recuperación de la inversión en el cuarto año, con un retorno del 23.19% al final del periodo de financiamiento de 60 meses. Ambientalmente, la propuesta promueve la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con las necesidades actuales de desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental. La conclusión del estudio resalta la viabilidad y los múltiples beneficios de la implementación de energía fotovoltaica, no solo en términos económicos y ambientales, sino también en la promoción del bienestar social y la concienciación sobre el uso sostenible de recursos [5].

Bermúdez & López (2023), en su estudio “Propuesta de implementación de un sistema de ahorro de energía eléctrica mediante la utilización de la energía solar fotovoltaica para la empresa Inversiones AGA de Cali, Colombia”, tuvo como objetivo reducir la dependencia de la energía convencional y minimizar los costos operativos mediante la utilización de paneles solares monocristalinos de 200 W y 12 voltios. La metodología implicó la instalación de 250 paneles solares en un área de 1000 m² (20x50 metros) en la estructura de la bodega, con cada panel midiendo 2 metros x 2 metros x 0.3 metros y pesando 20.8 kg. Los resultados anticipan una inversión económica de 386.240.000 COP y se espera un ahorro aproximado del 30% en el consumo energético mensual. La conclusión del estudio sugiere que la implementación de la

energía solar no solo mitigará los problemas actuales de suministro de energía y reducirá los costos, sino que también ayudará a la empresa a evitar posibles pérdidas económicas, reducción de personal y sanciones por incumplimiento en la entrega de productos. Este cambio hacia una fuente de energía renovable y sostenible es una inversión estratégica para la estabilidad y el crecimiento a largo plazo de la empresa [6].

González (2021), en su estudio “Utilización de la energía fotovoltaica con fines docente-productivos en la Universidad de Holguín”, tuvo como objetivo fundamentar técnica y económicamente la instalación de una estación fotovoltaica en la Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya. La investigación se centró en analizar la demanda energética de la universidad y las limitaciones en el tratamiento docente de la energía fotovoltaica, con el fin de facilitar decisiones informadas sobre el uso de esta fuente de energía para propósitos educativos y productivos. El método empleado consistió en un análisis detallado de la demanda energética de la universidad, lo que condujo al dimensionamiento adecuado de un sistema fotovoltaico con inyección a la red. Además, se realizó un análisis económico y se evaluó la reducción del impacto ambiental. Los resultados indicaron beneficios ambientales significativos de la instalación fotovoltaica, incluyendo la no generación de residuos contaminantes y la reducción de la emisión de gases nocivos como el anhídrido carbónico y el óxido de nitrógeno. Se destacó que 1 MWh de energía generada a través de medios fotovoltaicos, puede ahorrar hasta 340 kg de CO₂, contribuyendo a la disminución del efecto invernadero y la preservación de la capa de ozono. En conclusión, la propuesta de instalar una estación fotovoltaica en la Universidad de Holguín es viable tanto técnica como económicamente, ofreciendo además ventajas medioambientales considerables. La implementación de esta tecnología no solo beneficiará a la universidad en términos de eficiencia energética y reducción de costos, sino que también representará un paso adelante en la adopción de energías renovables y sostenibles en el ámbito educativo [7].

2.1.2 Antecedentes nacionales

Villaseca (2020), en su estudio “Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en el Perú”, tuvo como objetivo revisar y analizar documentación que respalda el uso de la tecnología fotovoltaica, destacando su capacidad para satisfacer las necesidades energéticas futuras ante un aumento proyectado de la demanda. La metodología adoptada fue de tipo documental y de diseño bibliográfico, consistiendo en la recopilación y análisis de información de diversas fuentes escritas relacionadas con la energía fotovoltaica y su evolución desde aplicaciones aeroespaciales hasta su uso en grandes centrales eléctricas. Los resultados revelaron que la tecnología fotovoltaica posee un gran potencial para ser la energía del futuro, especialmente en

contextos como Perú, donde un porcentaje significativo de la población aún carece de acceso a servicios eléctricos básicos. Se destacó la necesidad de un compromiso por parte de las autoridades, instituciones educativas y organizaciones relevantes para estudiar, promover y maximizar los beneficios de la energía fotovoltaica. La conclusión del estudio enfatiza que, ante la proyección de que la demanda mundial de energía eléctrica se elevará a 46 TW para 2050, la energía fotovoltaica no solo es viable sino esencial para satisfacer las necesidades energéticas de una población en crecimiento. El compromiso con la investigación y la promoción de esta tecnología será crucial para garantizar su implementación exitosa y sostenible, beneficiando no solo a aquellos sin acceso a la energía eléctrica, sino también al medio ambiente global [8].

Ponce & Ramos (2021), en su estudio “Mejora de la eficiencia de un sistema solar fotovoltaico autónomo aplicado a viviendas rurales de zonas aisladas del Perú 2020” tuvo como objetivo principal analizar la eficiencia de un sistema fotovoltaico en la generación de energía eléctrica, implementado en un prototipo de vivienda rural en la Universidad Tecnológica del Perú – Arequipa. El método utilizado para el estudio fue experimental, empleando el software SOLAR.WEB® para recoger datos sobre la energía producida y el consumo total de diversas cargas eléctricas en la vivienda, como televisores, refrigeradores y otros electrodomésticos, durante un periodo de prueba de tres meses (marzo a mayo de 2020). Los temporizadores digitales programaron el encendido y apagado de estos dispositivos. Los resultados mostraron que, durante el periodo de prueba, el sistema generó 314.80 kW h de energía, equivalente a un ahorro económico de 62.96 soles. Basándose en estos datos, se proyectó una generación anual de 1515.71 kW h, con un valor de 303.14 soles. Posteriormente, se realizó un análisis económico del proyecto para un periodo de 20 años, considerando dos escenarios: con y sin fuente de almacenamiento. En ambos casos, se concluyó que el proyecto es económicamente rentable. La conclusión de la investigación destaca que la implementación de sistemas fotovoltaicos en viviendas rurales es una solución viable y rentable para mejorar la eficiencia en la generación de energía eléctrica. El estudio subraya la importancia de considerar fuentes de energía renovable en el contexto rural y ofrece una perspectiva valiosa para futuras iniciativas de sostenibilidad energética [9].

Vasquez (2020), en su estudio “Generación eléctrica con sistemas fotovoltaicos para reducir el costo por consumo de energía eléctrica de la Universidad Nacional del Centro del Perú” tuvo como objetivo determinar cómo la implementación de un sistema fotovoltaico en la Universidad Nacional del Centro del Perú podría reducir los costos de consumo de energía eléctrica. El estudio, de tipo investigativo aplicado, utilizó el analizador PQ-BOX 200 y su software WinPQ mobil (64 Bit) para medir los parámetros eléctricos y recopilar datos sobre el

consumo de energía en celdas de baja tensión. Posteriormente, se empleó el software PVSOL - 2019 para diseñar y dimensionar los sistemas fotovoltaicos a instalar en los pabellones “C” y “B” de la universidad. Los resultados revelaron que la implementación de estos sistemas fotovoltaicos generaría una energía total de 146,811 kWh/año, lo que supone un ahorro económico anual de S/ 27,261.24. Esto se traduce en un ahorro mensual estimado de S/ 2,271.77 en los recibos de luz. La conclusión de la investigación resalta la viabilidad y el beneficio económico significativo de adoptar energías renovables no convencionales, como la fotovoltaica, en instituciones educativas. Además de la reducción de costos, este enfoque promueve la sostenibilidad ambiental, demostrando que es posible alcanzar un equilibrio entre el desarrollo tecnológico y la protección del medio ambiente [10].

Vidal & Canales (2023), en su estudio “Uso de paneles solares para mejorar la calidad de la energía eléctrica del centro poblado Pararín – departamento de Ancash – Perú – 2021”, el objetivo de este estudio fue elaborar una investigación sobre el uso óptimo de paneles solares para mejorar la calidad del servicio eléctrico y asegurar un abastecimiento suficiente para usos comerciales en el centro poblado de Pararín, en el distrito de Pararín, provincia de Recuay, departamento de Ancash, Perú. La metodología adoptada fue de tipo aplicada y tecnológica, con un diseño pre experimental y un enfoque cuantitativo. Se utilizó un método analítico, inductivo y deductivo, con la población conformada por 118 viviendas del centro poblado Pararín. Se emplearon encuestas y análisis documental para calcular la demanda energética. Los resultados mostraron que, durante el mes crítico de febrero de 2021, la demanda de energía eléctrica diaria se determinó mediante el uso del diagrama de carga anual basado en datos proporcionados por la concesionaria Hidrandina. Se utilizó software PVsyst 7.2 para analizar el sistema fotovoltaico compuesto por paneles solares de 500w Monocristalino de 48 voltios, que incluyen un vidrio anti reflectante que mejora la transmisividad y eficiencia en un 2%. La conclusión de la investigación es que la implementación de paneles solares en Pararín mejora significativamente la calidad del servicio eléctrico, lo que tiene un impacto positivo en el abastecimiento de energía eléctrica para uso comercial en esta área de Ancash. Este hallazgo resalta la eficacia de las soluciones de energía renovable, no solo en términos de sostenibilidad ambiental, sino también en cuanto a la mejora en la calidad y fiabilidad de los servicios eléctricos en zonas rurales [11].

Niño (2020), en su estudio “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para disminuir el consumo de energía eléctrica convencional en la empresa Exotic's Producers & Packers”, tuvo como objetivo general dimensionar y seleccionar un sistema solar fotovoltaico conectado a la red con inyección 0. El sistema buscó disminuir el consumo de energía eléctrica de la empresa, aprovechando la energía solar como fuente renovable y contribuyendo a la reducción del uso

de combustibles fósiles. Para el análisis del potencial solar, se utilizaron datos de NASA, Atlas Solar del Perú y SENAMHI, empleando el método de “Hargreaves y Samani” para calcular la irradiación solar horizontal y determinar la cantidad de energía anual producida por la instalación fotovoltaica. La metodología incluyó el dimensionamiento de la instalación con 270 paneles solares de 370 w de la marca BAUER ENERGY y un inversor SIRIO K100 para monitoreo. Se consideró una potencia de 100 kW con autoconsumo instantáneo y cero inyección a la red. Los resultados del análisis económico revelaron que la inversión total para la instalación sería de S/. 309,354.25, con un valor actual neto (VAN) de S/. 44,981.85 y una tasa interna de rentabilidad (TIR) de 14%. La conclusión del estudio indica que la instalación del sistema fotovoltaico es rentable a largo plazo, con un periodo de retorno de la inversión estimado en 7 años. Después de este periodo, se espera que la empresa ahorre significativamente en los costos de consumo de energía eléctrica. [12].

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica es una forma de energía renovable que se obtiene a partir de la conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante el uso de dispositivos denominados celdas fotovoltaicas o paneles solares. Las celdas están hechas de materiales semiconductores, como el silicio, que tienen la capacidad de generar una corriente eléctrica cuando son expuestos a la radiación solar. El proceso de conversión se basa en el efecto fotovoltaico, un fenómeno físico descubierto por el científico francés Alexandre-Edmond Becquerel en 1839, que describe cómo los electrones en un material semiconductor se excitan y liberan energía cuando absorben fotones de luz [13].

Los sistemas fotovoltaicos se componen típicamente de múltiples celdas conectadas entre sí, para formar módulos solares, que a su vez pueden ser integrados en arreglos más grandes para aumentar la capacidad de generación de electricidad. Los referidos sistemas pueden instalarse en una variedad de ubicaciones, incluyendo tejados de edificios residenciales y comerciales, terrenos abiertos, y estructuras diseñadas específicamente para maximizar la captación de luz solar. La energía generada puede ser utilizada directamente para alimentar equipos y dispositivos eléctricos, almacenada en baterías para su uso posterior, o inyectada a la red eléctrica para su distribución [14].

La energía fotovoltaica presenta varias ventajas, entre ellas la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la disminución de la dependencia de combustibles fósiles y la contribución a la sostenibilidad energética. Sin embargo, también enfrenta desafíos como la

intermitencia debido a las condiciones meteorológicas, la necesidad de superficies amplias para la instalación de paneles y los costos iniciales de inversión. A pesar de estos desafíos, los avances tecnológicos y las economías de escala están llevando a una reducción significativa en los costos y una mejora en la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, consolidando su papel como una solución viable y cada vez más popular en la transición hacia fuentes de energía limpias y sostenibles [15].

Principio del efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es el fenómeno físico fundamental en el que se basa la conversión de la luz solar en electricidad, y fue descubierto por el científico francés Alexandre-Edmond Becquerel en 1839. Este efecto ocurre en materiales semiconductores, como el silicio, y consiste en la generación de una corriente eléctrica cuando estos materiales son expuestos a la radiación solar [16].

a) Mecanismo del efecto fotovoltaico

- Absorción de fotones: cuando los fotones de la luz solar inciden sobre una célula fotovoltaica, si su energía es suficiente (mayor que la banda prohibida del semiconductor), son absorbidos por el material semiconductor. La energía de los fotones es transferida a los electrones en el semiconductor [17].
- Generación de pares electrón-hueco: la energía de los fotones excita a los electrones, promoviendo su movimiento desde la banda de valencia a la banda de conducción, creando así pares electrón-hueco. Los electrones libres (ahora en la banda de conducción) y los huecos (dejan vacantes en la banda de valencia) son generados en este proceso [18].
- Separación de cargas: para que estos portadores de carga (electrones y huecos) puedan ser utilizados para generar electricidad, deben ser separados y dirigidos hacia los contactos eléctricos de la célula. Esto se logra mediante la estructura interna del semiconductor, generalmente a través de una unión p-n. En esta unión, los electrones se mueven hacia la región tipo n y los huecos hacia la región tipo p, debido al campo eléctrico interno creado en la unión [19].
- Extracción de corriente eléctrica: una vez separados, los electrones son recogidos por el contacto eléctrico en el lado tipo n y los huecos por el contacto en el lado tipo p. Esto permite que fluya una corriente eléctrica cuando se conecta una carga externa entre los dos contactos, generando así electricidad utilizable [20].

2.2.2 Importancia del efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es la base para el diseño y funcionamiento de las celdas solares y, por ende, para la generación de energía fotovoltaica. La eficiencia de este proceso depende de varios factores, como el tipo de material semiconductor utilizado, la calidad de la fabricación de la celda y las condiciones ambientales. Mejorar la eficiencia de las celdas solares y reducir los costos de producción son objetivos clave en la investigación y desarrollo de tecnologías fotovoltaicas [21].

Materiales y tecnologías utilizados en celdas fotovoltaicas

La eficiencia y el costo de las celdas fotovoltaicas dependen en gran medida de los materiales y las tecnologías utilizados en su fabricación. A lo largo de los años, se han desarrollado diversos tipos de celdas fotovoltaicas, cada una con características y ventajas específicas. A continuación, se describen los principales materiales y tecnologías empleados en la fabricación de celdas fotovoltaicas [22].

a) Silicio monocristalino

El silicio monocristalino es uno de los materiales más utilizados en la fabricación de celdas fotovoltaicas debido a su alta eficiencia y rendimiento. Estas celdas se fabrican a partir de un único cristal de silicio, lo que permite una estructura uniforme y menos defectos en el material. Las celdas de silicio monocristalino suelen ser más eficientes, con tasas de conversión de energía que pueden superar el 20%. Sin embargo, su producción es más costosa debido al proceso complejo de crecimiento del cristal y al desperdicio de material durante el corte de las obleas [23].

b) Silicio policristalino

El silicio policristalino, también conocido como multicristalino, se fabrica fundiendo el silicio y vertiéndolo en moldes, donde se solidifica en múltiples cristales. Este proceso es menos costoso que el utilizado para el silicio monocristalino, lo que hace que las celdas policristalinas sean más económicas. Sin embargo, la presencia de múltiples cristales y límites de grano reduce la eficiencia de estas celdas en comparación con las monocristalinas, con tasas de conversión típicamente entre el 15% y el 17% [24].

c) Películas delgadas

Las celdas de película delgada se fabrican depositando una o varias capas de material fotovoltaico sobre un sustrato, como vidrio, metal o plástico. Los materiales más comunes utilizados en las celdas de película delgada incluyen [25]:

- Telururo de cadmio (CdTe): ofrece un costo de producción relativamente bajo y una eficiencia decente, generalmente alrededor del 10%-12%.
- Seleniuro de cobre, indio y galio (CIGS): estas celdas tienen una eficiencia que puede alcanzar hasta el 20%, pero su fabricación es más compleja.
- Silicio amorfo (a-Si): este material es menos eficiente, con tasas de conversión entre el 6% y el 10%, pero es flexible y se puede utilizar en aplicaciones donde la flexibilidad y el peso ligero son cruciales.

Las celdas de película delgada son más flexibles y ligeras que las celdas tradicionales de silicio, lo que permite una variedad de aplicaciones, incluidas las superficies curvas y los dispositivos portátiles.

2.2.3 Componentes de un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está compuesto por varios componentes esenciales que trabajan juntos para convertir la luz solar en electricidad utilizable. Cada uno de estos componentes desempeña un papel crucial en la eficiencia y funcionalidad del sistema. A continuación, se describen los principales componentes de un sistema fotovoltaico [26]:

Paneles solares

Los paneles solares, también conocidos como módulos fotovoltaicos, son dispositivos esenciales en los sistemas de energía solar que convierten la luz solar directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Están compuestos por numerosas celdas solares, generalmente fabricadas a partir de materiales semiconductores como el silicio. Estas celdas capturan la energía de los fotones presentes en la luz solar, generando una corriente eléctrica cuando los electrones en el semiconductor se excitan y se mueven. Los paneles solares se pueden clasificar en varios tipos, incluyendo silicio monocristalino, silicio policristalino y película delgada, cada uno con diferentes niveles de eficiencia y costos de producción. Estos paneles pueden ser instalados en una variedad de entornos, desde tejados de viviendas y edificios comerciales hasta grandes parques solares, y desempeñan un papel crucial en la

generación de energía renovable, contribuyendo significativamente a la reducción de las emisiones de carbono y a la sostenibilidad energética [27].

a) Tipos de paneles solares

Los paneles solares, también conocidos como módulos fotovoltaicos, son el componente principal del sistema. Están formados por numerosas celdas solares individuales que convierten la luz solar en electricidad. Los tipos más comunes de paneles solares son:

- Paneles de silicio monocristalino: hechos de un único cristal de silicio, ofrecen la mayor eficiencia y son más caros debido a su proceso de fabricación complejo.
- Paneles de silicio policristalino: compuestos de múltiples cristales de silicio, son menos eficientes, pero más económicos.
- Paneles de película delgada: utilizan materiales como el telururo de cadmio (CdTe) o el seleniuro de cobre, indio y galio (CIGS), son menos eficientes, pero más flexibles y ligeros.

b) Eficiencia y rendimiento de los paneles

La eficiencia de un panel solar se refiere a la proporción de energía solar que puede convertir en electricidad. Los paneles monocristalinos suelen tener eficiencias superiores al 20%, los policristalinos entre el 15% y el 17%, y los de película delgada entre el 10% y el 12%. La eficiencia afecta directamente al rendimiento del sistema y la cantidad de energía que se puede generar en un área determinada [28].

Inversores

a) Función y tipos de inversores

El inversor es el componente que convierte la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada en la mayoría de los hogares y empresas. Existen varios tipos de inversores [29]:

- Inversores centralizados: convierten la corriente de todos los paneles solares en una sola unidad. Son adecuados para grandes instalaciones y ofrecen una alta eficiencia a un menor costo por vatio.
- Microinversores: convierten la corriente de cada panel solar individualmente. Mejoran la eficiencia general del sistema, especialmente en condiciones donde la sombra o la suciedad afecta a los paneles de manera desigual.

b) Inversores centralizados vs. microinversores

Los inversores centralizados son más económicos y fáciles de mantener en grandes instalaciones, pero si uno falla, afecta a todo el sistema. Los microinversores son más costosos, pero ofrecen una mayor eficiencia y flexibilidad, ya que cada panel opera de manera independiente [30].

Baterías y sistemas de almacenamiento

Las baterías y sistemas de almacenamiento son componentes cruciales en los sistemas de energía fotovoltaica, diseñados para almacenar la electricidad generada por los paneles solares para su uso posterior. Estas baterías permiten que la energía solar capturada durante el día pueda ser utilizada durante la noche o en periodos de baja radiación solar, asegurando un suministro de energía continuo y estable. Existen varios tipos de baterías utilizadas en estos sistemas, incluyendo las de plomo-ácido, que son económicas, pero tienen una vida útil más corta, y las de iones de litio, que son más eficientes, tienen mayor densidad de energía y una vida útil más prolongada. Los sistemas de almacenamiento no solo mejoran la fiabilidad del suministro de energía, sino que también permiten una mayor independencia de la red eléctrica y optimizan el uso de la energía generada, reduciendo la necesidad de energía de fuentes no renovables. Además, estos sistemas pueden incluir reguladores de carga y controladores inteligentes que gestionan la carga y descarga de las baterías, protegiéndolas y prolongando su vida útil, contribuyendo así a una mayor eficiencia y sostenibilidad del sistema fotovoltaico [31].

a) Tipos de baterías

Las baterías almacenan la energía generada por los paneles solares para su uso posterior, especialmente útil durante la noche o en días nublados. Los tipos más comunes son [32]:

- Baterías de plomo-ácido: económicas y ampliamente disponibles, pero tienen una vida útil más corta y menor eficiencia.
- Baterías de iones de litio: más caras, pero ofrecen una mayor densidad de energía, mayor eficiencia y una vida útil más larga.

Estructuras de montaje y seguimiento solar

a) Sistemas Fijos

Las estructuras de montaje fijo son las más comunes y sostienen los paneles solares en una posición estática. Son simples, duraderas y económicas, pero su eficiencia puede verse limitada por la posición del sol [33].

b) Sistemas con seguimiento solar

Los sistemas de seguimiento solar ajustan la posición de los paneles durante el día para maximizar la captación de luz solar. Pueden aumentar la eficiencia del sistema en un 20%-30%, pero son más costosos y requieren más mantenimiento [34].

Otros componentes

a) Reguladores de carga

Estos dispositivos gestionan la carga y descarga de las baterías, protegiéndolas de sobrecargas y descargas profundas que pueden reducir su vida útil [35].

b) Cableado y conectores

El cableado y los conectores son cruciales para la transmisión eficiente de electricidad entre los paneles, el inversor, las baterías y los puntos de consumo. Deben ser seleccionados y dimensionados correctamente para minimizar las pérdidas de energía y garantizar la seguridad del sistema [36].

Monitoreo y control

El monitoreo y control son componentes esenciales en los sistemas fotovoltaicos, responsables de supervisar y gestionar la operación del sistema para maximizar su eficiencia y rendimiento. Los sistemas de monitoreo permiten a los usuarios y operadores observar en tiempo real el desempeño de los paneles solares, la producción de energía, el estado de las baterías y el flujo de electricidad. Esta capacidad de monitoreo ayuda a detectar problemas de manera oportuna, como fallos en los paneles o disminuciones en la eficiencia, permitiendo una intervención rápida para solucionar cualquier inconveniente. Los controladores inteligentes, por otro lado, gestionan la distribución y el uso de la energía generada, priorizando entre el consumo inmediato, el almacenamiento en baterías o la inyección de excedentes a la red eléctrica. Estos sistemas de control optimizan el uso de los recursos disponibles, asegurando que la energía solar se utilice de la manera más eficiente posible, reduciendo las pérdidas y mejorando la sostenibilidad del sistema fotovoltaico. En conjunto, el monitoreo y control mejoran la

confiabilidad y la capacidad de respuesta del sistema, facilitando una gestión energética más inteligente y efectiva [37].

a) Sistemas de monitoreo

Los sistemas de monitoreo permiten a los usuarios y operadores supervisar el rendimiento del sistema en tiempo real. Pueden detectar problemas rápidamente y ayudar a optimizar la producción de energía [38].

b) Controladores inteligentes

Los controladores inteligentes pueden gestionar la distribución de la energía generada, priorizando el uso directo, el almacenamiento en baterías, o la inyección a la red según sea necesario, mejorando la eficiencia y el rendimiento del sistema [39].

2.2.4 Aplicaciones de la energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica se ha convertido en una de las fuentes de energía renovable más versátiles y ampliamente utilizadas en todo el mundo, gracias a sus numerosas aplicaciones en diferentes contextos y escalas. A continuación, se describen las principales aplicaciones de la energía fotovoltaica [40]:

Aplicaciones residenciales

Las aplicaciones residenciales de la energía fotovoltaica son cada vez más comunes, ya que los propietarios de viviendas buscan reducir sus facturas de electricidad y disminuir su huella de carbono. Los sistemas fotovoltaicos domésticos, generalmente instalados en los tejados, permiten a los hogares generar su propia electricidad, lo que puede cubrir una parte significativa de su consumo energético diario. Además, con la incorporación de baterías de almacenamiento, los hogares pueden almacenar el exceso de energía generada durante el día para utilizarla durante la noche o en días nublados, aumentando así la autosuficiencia energética [41].

Aplicaciones comerciales e industriales

En el sector comercial e industrial, la energía fotovoltaica se utiliza para reducir costos operativos y mejorar la sostenibilidad de las operaciones. Las empresas instalan grandes sistemas fotovoltaicos en los techos de sus edificios, en estacionamientos o en terrenos adyacentes para aprovechar al máximo el espacio disponible. Estos sistemas pueden alimentar directamente las instalaciones, reducir la dependencia de la red eléctrica y, en algunos casos,

generar ingresos adicionales mediante la venta de excedentes de energía a la red. Además, la energía solar puede ser utilizada para alimentar procesos industriales específicos, contribuyendo a una producción más limpia y eficiente [42].

Parques solares

Los parques solares, también conocidos como huertos solares, son instalaciones a gran escala que generan grandes cantidades de electricidad a partir de la energía solar. Estos parques consisten en miles de paneles solares distribuidos en extensiones de terreno abiertas, conectados para formar una red que suministra electricidad directamente a la red eléctrica. Los parques solares son capaces de generar energía suficiente para abastecer a miles de hogares, y su instalación contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la diversificación de las fuentes de energía en las redes eléctricas nacionales [43].

Aplicaciones innovadoras

La energía fotovoltaica también ha encontrado aplicaciones en soluciones innovadoras que van más allá de las instalaciones tradicionales. Algunas de estas aplicaciones incluyen [44]:

- **Tejas solares:** integran celdas fotovoltaicas en las tejas de los techos, combinando la función de protección contra el clima con la generación de electricidad. Estas soluciones son estéticamente agradables y permiten a los propietarios de viviendas aprovechar la energía solar sin modificar significativamente la apariencia de sus casas [44].
- **Sistemas fotovoltaicos flotantes:** instalados sobre superficies de agua como embalses, lagos y estanques, estos sistemas aprovechan espacios que de otra manera no serían utilizados, reduciendo la competencia por el uso del suelo. Además, la presencia de agua ayuda a enfriar los paneles, mejorando su eficiencia [44].
- **Dispositivos portátiles y móviles:** la energía fotovoltaica se ha integrado en una variedad de dispositivos portátiles como cargadores solares, mochilas con paneles solares y sistemas de energía para vehículos eléctricos. Estos dispositivos permiten a los usuarios cargar sus gadgets y vehículos de manera sostenible mientras están en movimiento [44].
- **Iluminación pública y señalización:** Los sistemas de iluminación pública y señalización, alimentados por energía solar, son especialmente útiles en áreas rurales y remotas donde el acceso a la red eléctrica es limitado. Estos sistemas autónomos

reducen los costos de infraestructura y operación, y mejoran la seguridad y accesibilidad [44].

Energía fotovoltaica en agricultura

En el sector agrícola, la energía fotovoltaica se utiliza para alimentar sistemas de riego, bombas de agua y otras instalaciones agrícolas. Esto no solo reduce los costos energéticos para los agricultores, sino que también proporciona una fuente de energía confiable en áreas rurales que pueden tener un acceso limitado a la red eléctrica. Los sistemas agrovoltaicos, que combinan la producción agrícola con la generación de energía solar, permiten el uso eficiente del espacio al cultivar plantas debajo de los paneles solares, creando un microclima beneficioso para ciertos cultivos [45].

Infraestructura y transporte

La energía fotovoltaica también se está integrando en la infraestructura y el transporte, incluyendo:

Carreteras solares: superficies de carreteras equipadas con paneles solares que generan electricidad mientras soportan el tráfico vehicular. Estas carreteras pueden alimentar señalización vial, alumbrado y otras infraestructuras adyacentes [46].

Vehículos eléctricos: vehículos equipados con paneles solares para complementar la carga de la batería, extendiendo su autonomía y reduciendo la dependencia de estaciones de carga convencionales [47].

2.2.5 Radiación solar en Arequipa

La radiación solar es la energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas, que llega a la Tierra y es fundamental para la vida en el planeta. Esta energía es aprovechada por los sistemas fotovoltaicos para generar electricidad. A continuación, se desarrolla en detalle el concepto de radiación solar, sus tipos, medición, factores que afectan su disponibilidad y su importancia en la generación de energía fotovoltaica [48].

Arequipa presenta condiciones óptimas de radiación solar, lo que la convierte en un lugar favorable para la generación de energía fotovoltaica. Según los datos analizados:

- Niveles de radiación solar: la radiación solar en Arequipa varía a lo largo del día y del año, alcanzando su punto máximo alrededor del mediodía. Por ejemplo, en enero, la

radiación solar puede llegar a 8.8 kWh/m² al mediodía, y en los meses de mayo y junio, se reportan picos de hasta 10.0 kWh/m² y 11.0 kWh/m², respectivamente.

Efectos climatológicos

Los efectos climatológicos en Arequipa, que incluyen la cantidad de días soleados y la temperatura, también son favorables para la generación de energía solar:

- **Días soleados:** Arequipa tiene un clima mayormente soleado, lo que significa que hay una alta disponibilidad de luz solar durante la mayor parte del año. El contexto es crucial para maximizar la producción de energía de los paneles solares.
- **Temperaturas:** las temperaturas en Arequipa son moderadas, lo que ayuda a mantener la eficiencia de los paneles solares, ya que el rendimiento de estos puede disminuir a temperaturas extremadamente altas.

Viabilidad de la generación fotovoltaica

Dada la alta radiación solar y las condiciones climáticas favorables, la generación de energía fotovoltaica en Arequipa es viable por varias razones:

- **Producción sostenible:** la capacidad de generar energía a partir de una fuente renovable y abundante como la solar contribuye a la sostenibilidad y a la reducción de la dependencia de fuentes de energía convencionales.
- **Reducción de costos:** la implementación de sistemas fotovoltaicos puede resultar en ahorros significativos en costos de electricidad, como se mencionó anteriormente.
- **Beneficios ambientales:** la generación de energía solar ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con las tendencias globales hacia el desarrollo sostenible.

En resumen, la radiación solar en Arequipa es alta y las condiciones climáticas son favorables, lo que hace que la generación de energía fotovoltaica sea una opción viable y eficiente. La implementación de sistemas fotovoltaicos no solo es económicamente beneficiosa, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y al uso de fuentes de energía limpias

Tipos de radiación solar

La radiación solar se puede categorizar en varios tipos, dependiendo de cómo llega a la superficie terrestre:

- Radiación directa: es la radiación solar que llega directamente desde el sol sin ser dispersada ni reflejada. Esta forma de radiación es la más intensa y concentrada, siendo crucial para los sistemas fotovoltaicos que utilizan tecnología de seguimiento solar [49].
- Radiación difusa: es la radiación solar que ha sido dispersada por moléculas y partículas en la atmósfera antes de llegar a la superficie terrestre. Aunque menos intensa que la radiación directa, la radiación difusa es importante en días nublados o parcialmente nublados [50].
- Radiación reflejada (Albedo): es la radiación solar que se refleja en la superficie terrestre y vuelve a la atmósfera. Superficies como nieve, agua y arena tienen un alto albedo y reflejan más radiación, lo que puede ser aprovechado por sistemas fotovoltaicos situados en estas áreas [51].

Medición de la radiación solar

La medición precisa de la radiación solar es esencial para el diseño y la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos. Existen varios instrumentos y métodos para medir la radiación solar [52]:

- Piranómetro: mide la radiación solar global (suma de radiación directa y difusa) en un plano horizontal. Es ampliamente utilizado en estudios meteorológicos y en estaciones solares.
- Pireliómetro: mide únicamente la radiación solar directa. Se utiliza en conjunto con un seguidor solar para mantener el instrumento apuntando directamente al sol.
- Heliógrafo: registra la duración de la insolación directa, es decir, el tiempo durante el cual la radiación solar directa supera un cierto umbral.

Factores que afectan la disponibilidad de radiación solar

La cantidad de radiación solar disponible en un lugar específico depende de varios factores [52]:

- Latitud: la cantidad de radiación solar recibida varía con la latitud. Las regiones cercanas al ecuador reciben más radiación solar directa durante todo el año en comparación con las regiones más alejadas.
- Estación del año: la inclinación del eje de la Tierra provoca variaciones estacionales en la cantidad de radiación solar recibida. En verano, la radiación es más intensa y las horas de luz solar son más largas.

- Hora del día: la radiación solar es más intensa alrededor del mediodía cuando el sol está en su punto más alto en el cielo.
- Condiciones meteorológicas: las nubes, la niebla y otros fenómenos meteorológicos pueden dispersar y reducir la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre.
- Altitud: las zonas a mayor altitud reciben más radiación solar debido a la menor cantidad de atmósfera que la radiación debe atravesar.
- Calidad del aire: la presencia de contaminantes y partículas en el aire puede dispersar y absorber parte de la radiación solar, reduciendo la cantidad que llega a la superficie.

Importancia de la radiación solar en la generación fotovoltaica

La radiación solar es el recurso primario para la generación de energía fotovoltaica. La eficiencia y la capacidad de un sistema fotovoltaico dependen directamente de la cantidad y calidad de la radiación solar disponible. Algunos aspectos clave incluyen [52]:

Diseño del sistema: la orientación y el ángulo de inclinación de los paneles solares se optimizan para maximizar la captación de radiación solar, teniendo en cuenta la latitud y las condiciones locales.

Seguimiento solar: los sistemas con seguimiento solar pueden aumentar la captación de radiación directa al ajustar la posición de los paneles durante el día, mejorando significativamente la eficiencia del sistema.

Evaluación de sitios: antes de instalar un sistema fotovoltaico, se realiza una evaluación detallada del sitio para medir la radiación solar disponible y prever el rendimiento del sistema.

Pronósticos y modelos: los pronósticos meteorológicos y los modelos de radiación solar son utilizados para planificar y optimizar la operación de los sistemas fotovoltaicos, asegurando un suministro de energía constante y eficiente.

Impacto del cambio climático en la radiación solar

El cambio climático puede afectar la disponibilidad de radiación solar de varias maneras [53]:

- Variación en la nubosidad: cambios en los patrones de nubosidad pueden alterar la cantidad de radiación directa y difusa que llega a la superficie.
- Aumento de aerosoles: la mayor presencia de aerosoles y partículas en la atmósfera puede incrementar la dispersión y absorción de la radiación solar.

Cambios en la reflectividad: las variaciones en la cobertura de nieve y hielo pueden modificar el albedo, afectando la radiación reflejada.

2.2.6 Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es un concepto fundamental en la generación y utilización de la energía eléctrica, especialmente en el contexto de los sistemas fotovoltaicos. Se refiere a la tasa a la cual se realiza el trabajo eléctrico o se transfiere la energía eléctrica en un circuito. A continuación, se desarrolla en detalle la definición, unidades de medida, factores que afectan la potencia, y su importancia en los sistemas fotovoltaicos [54].

Definición de potencia eléctrica

La potencia eléctrica (P) es la cantidad de energía eléctrica transferida o convertida por unidad de tiempo en un circuito eléctrico. Se puede calcular mediante la fórmula [55]:

$$P = V \times I \quad (1)$$

Donde:

- (P) es la potencia eléctrica en vatios (W).
- (V) es el voltaje en voltios (V)
- (I) es la corriente en amperios (A).

Unidades de medida

La unidad estándar de medida para la potencia eléctrica es el vatio (W), que equivale a un julio por segundo (J/s). En sistemas más grandes, como los utilizados en instalaciones fotovoltaicas, es común utilizar múltiplos de vatios [56]:

- Kilovatio (kW): 1 kW = 1,000 W.
- Megavatio (MW): 1 MW = 1,000 kW o 1,000,000 W.
- Gigavatio (GW): 1 GW = 1,000 MW o 1,000,000,000 W.

Factores que afectan la potencia eléctrica en sistemas fotovoltaicos

Varios factores pueden influir en la potencia eléctrica generada por un sistema fotovoltaico [56]:

- Radiación solar: la cantidad de radiación solar disponible es un factor crítico. Mayor radiación solar resulta en mayor generación de potencia.
- Eficiencia de los paneles solares: la eficiencia con la que los paneles convierten la luz solar en electricidad afecta directamente la potencia generada.
- Temperatura: la eficiencia de los paneles solares disminuye con el aumento de la temperatura. A temperaturas más altas, la potencia generada puede reducirse.
- Orientación e inclinación de los paneles: la correcta orientación e inclinación de los paneles solares maximiza la captación de luz solar y, por ende, la potencia generada.
- Sombras y obstáculos: sombras parciales o totales en los paneles solares pueden reducir significativamente la potencia generada.
- Calidad del aire y limpieza de los paneles: polvo, suciedad y contaminación en la superficie de los paneles pueden bloquear la luz solar y reducir la potencia.

Importancia de la potencia eléctrica en sistemas fotovoltaicos

La potencia eléctrica es crucial en el diseño, dimensionamiento y operación de sistemas fotovoltaicos [57]. Algunos aspectos clave incluyen:

- Dimensionamiento del sistema: conocer la potencia eléctrica necesaria permite dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico para satisfacer las necesidades energéticas de un hogar, empresa o instalación industrial.
- Inversores y componentes: los inversores y otros componentes del sistema deben ser seleccionados para manejar la potencia generada por los paneles solares. Esto asegura una operación segura y eficiente.
- Monitoreo y control: monitorear la potencia eléctrica generada permite detectar problemas, optimizar el rendimiento del sistema y asegurar un suministro continuo de energía.
- Costo y retorno de inversión: la potencia generada influye directamente en el ahorro en facturas de electricidad y en el retorno de la inversión en sistemas fotovoltaicos. Mayor potencia generada generalmente resulta en mayores ahorros.

Potencia nominal vs. potencia real

- Potencia nominal: es la potencia máxima que un panel solar puede generar bajo condiciones estándar de prueba (CST), que incluyen una irradiancia de 1,000 W/m², temperatura de la célula de 25°C y masa de aire de 1.5 [58].

- Potencia real: es la potencia que un panel solar genera en condiciones reales de operación, que pueden variar significativamente de las condiciones estándar debido a factores como temperatura, irradiancia y ángulo de incidencia [58].

Potencia pico y energía

Es importante diferenciar entre potencia y energía:

- Potencia pico (Wp): es la máxima potencia que un panel solar puede generar bajo condiciones estándar de prueba. Se utiliza para comparar diferentes paneles solares [59].
- Energía: es la cantidad total de trabajo realizado o energía transferida a lo largo del tiempo. Se mide en kilovatios-hora (kWh) y se calcula como [59]:

$$\text{Energía (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo (h)} \quad (2)$$

Factores de conversión y eficiencia

La eficiencia de conversión de un sistema fotovoltaico determina cuánto de la radiación solar recibida se convierte en energía eléctrica utilizable [60]. La eficiencia puede ser afectada por:

- Pérdidas de conversión: ocurren durante la transformación de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA) en los inversores.
- Pérdidas en el cableado: la resistencia en el cableado puede causar pérdidas de energía.
- Degradación de los paneles: con el tiempo, los paneles solares pueden degradarse y perder eficiencia.

Maximización de la potencia

Para maximizar la potencia generada por un sistema fotovoltaico, se pueden implementar diversas estrategias [61]:

- Optimización del ángulo e inclinación: ajustar los paneles solares para capturar la mayor cantidad de luz solar posible.
- Seguimiento solar: utilizar sistemas de seguimiento que ajusten la posición de los paneles durante el día.
- Mantenimiento regular: mantener los paneles limpios y en buen estado para asegurar una máxima captación de luz solar.

- Uso de microinversores u optimizadores de potencia: mejorar la eficiencia de conversión y minimizar las pérdidas debidas a sombras parciales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación será de tipo aplicado. Este enfoque metodológico se centrará en aplicar conocimientos y tecnologías existentes para resolver problemas concretos relacionados con la eficiencia energética y la sostenibilidad del taller. La investigación abordará aspectos prácticos como el análisis del consumo actual de energía eléctrica, la evaluación de la radiación solar en la región, y la determinación del consumo energético específico de los equipos de iluminación y publicidad. Además, implicará el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico optimizado, adaptado a las necesidades específicas del taller. A través de este tipo de investigación aplicada, se buscará no solo comprender mejor las necesidades energéticas del taller, sino también ofrecer soluciones prácticas y efectivas que mejoren la eficiencia operativa y reduzcan el impacto ambiental [62].

3.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación será aplicativo. Este tipo de investigación se caracterizará por su enfoque en la aplicación práctica de teorías y principios para resolver problemas específicos del taller. Con un claro objetivo de mejorar la eficiencia energética y promover la sostenibilidad, se abordarán aspectos como el análisis detallado del consumo energético actual y la evaluación de la viabilidad de la energía solar en la región. Asimismo, se enfocará en identificar las necesidades específicas de energía de los equipos de iluminación y publicidad, culminando en el diseño y la implementación de un sistema fotovoltaico optimizado. Este nivel aplicativo de investigación permitirá no solo obtener conocimientos prácticos sobre la implementación de energías renovables en el taller, sino también contribuir de manera efectiva a la reducción de costos y al cuidado del medio ambiente [63].

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de investigación será experimental o pre-experimental. De acuerdo con [13], estos diseños enfrentan limitaciones en el control de factores que pueden afectar la validez interna y externa del estudio. Sin embargo, son útiles para demostrar cómo las variables externas pueden impactar la validez interna y proporcionan orientación sobre lo que se debe y no se debe hacer en la investigación.

Donde:

- X: Tratamiento aplicado (análisis) Variable independiente (Utilización de energía fotovoltaica).
- O: Observación de la variable dependiente (Funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad) después del tratamiento.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el proyecto de implementación de energía fotovoltaica en el taller de confecciones textiles en Arequipa, es esencial emplear técnicas e instrumentos de recolección de datos adecuados. A continuación, se describen los métodos y herramientas que se utilizarán:

a) Ficha de recolección de datos:

- Descripción: este instrumento será diseñado para recopilar información específica sobre el consumo de energía actual del taller, las características de los equipos de iluminación y publicidad, y cualquier otro dato relevante para el proyecto.
- Uso: las fichas se utilizarán para registrar datos como el consumo eléctrico mensual, horas de uso de equipos, y especificaciones técnicas. Serán llenadas por el personal del taller o por los investigadores durante las visitas al sitio.

b) Análisis de documentos:

- Descripción: consiste en el estudio de facturas de electricidad, manuales técnicos de los equipos, y documentos sobre las instalaciones actuales del taller.
- Uso: estos documentos proporcionarán una base para entender el consumo histórico de energía y las características técnicas de los equipos e instalaciones existentes.

c) Revisión en campo:

- Descripción: esta técnica implica visitas al taller para observar directamente las instalaciones, equipos y operaciones diarias.
- Uso: se utilizará para verificar la información recopilada, observar la disposición física del taller para la instalación de paneles solares, y evaluar las condiciones locales de

radiación solar. Además, permitirá identificar posibles desafíos o restricciones en la implementación del sistema fotovoltaico.

d) Dimensionamiento

Identificación de equipos:

- Equipos de Iluminación: Lámparas LED, focos, etc.
- Equipos de Publicidad: Pantallas LED, letreros iluminados, etc.

Potencia de los equipos: (supongamos que se tienen los siguientes equipos):

- Lámparas LED: 10 lámparas de 15 W cada una.
- Pantalla LED: 1 pantalla de 100 W.

Cálculo de la carga total:

- Carga de Iluminación: $\text{carga de Iluminación} = \text{Número de Lámparas} \times \text{Potencia de cada Lámpara} = 10 \times 15\text{W} = 150\text{W}$
- Carga de publicidad: $\text{carga de publicidad} = 1 \times 100\text{W} = 100\text{W}$
- Carga total: $\text{carga total} = \text{carga de iluminación} + \text{carga de Publicidad} = 150\text{W} + 100\text{W} = 250\text{W}$

e) Consumo energético

Consumo energético diurno:

- Supongamos que los equipos funcionan durante 10 horas al día.
- Consumo Diurno: $\text{Consumo Diurno} = \text{Carga Total} \times \text{Horas de Uso} = 250\text{W} \times 10\text{h} = 2,500\text{Wh} = 2.5\text{kWh}$

Consumo energético nocturno:

- Si los equipos de iluminación funcionan durante 8 horas y los equipos de publicidad durante 12 horas:
- Consumo nocturno de iluminación: $\text{consumo nocturno de iluminación} = 150\text{W} \times 8\text{h} = 1,200\text{Wh} = 1.2\text{kWh}$
- Consumo nocturno de publicidad: $\text{consumo nocturno de publicidad} = 100\text{W} \times 12\text{h} = 1,200\text{Wh} = 1.2\text{kWh}$

- Consumo total nocturno: $\text{consumo total nocturno} = 1.2\text{kWh} + 1.2\text{kWh} = 2.4\text{kWh}$

Tabla 2. Resumen del consumo energético

Concepto	Consumo (kWh)
Consumo diurno	2.5
Consumo nocturno	2.4
Consumo total diario	4.9

Análisis teórico

- Carga total: se ha calculado la carga total de los equipos en función de su potencia y horas de uso.
- Consumo energético: se ha determinado el consumo energético tanto diurno como nocturno, lo que permite dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico para satisfacer estas demandas.

Este análisis proporciona una base sólida para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, asegurando que se pueda cubrir el consumo energético del taller tanto durante el día como durante la noche.

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

Equipos de generación de sistemas eléctricos de carga eléctrica utilizados en el taller de confecciones textiles.

3.5.2 Muestra

Equipos específicos seleccionados para el análisis, que incluyen:

- Paneles solares: dispositivos que convierten la luz solar en energía eléctrica.
- Reguladores de carga: equipos que controlan la carga y descarga de las baterías.
- Inversores: dispositivos que convierten la corriente continua (CC) generada por los paneles en corriente alterna (CA) para su uso en el taller.
- Bancos de baterías: almacenamiento de energía eléctrica generada para su uso posterior.
- Equipos de iluminación: lámparas y sistemas de iluminación utilizados en el taller.

- Paneles publicitarios: dispositivos que requieren energía para su funcionamiento y que se utilizan en el taller.

3.5.3 Recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son fundamentales para el análisis de las variables en un estudio sobre la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles. A continuación, se describen algunas técnicas y cómo contribuyen al análisis de las variables:

Tabla 3. Técnicas de recolección de datos.

Técnica	Descripción	Contribución al Análisis de Variables
Análisis de Documentos	Estudio de facturas de electricidad, manuales técnicos y documentos sobre instalaciones actuales.	Proporciona datos históricos sobre el consumo energético (variable dependiente) y características de los equipos (variable independiente). Permite identificar patrones de consumo y áreas de mejora.
Revisión en Campo	Visitas al taller para observar instalaciones, equipos y operaciones diarias.	Permite verificar la información recopilada y observar directamente el uso de energía, contribuyendo a la identificación de ineficiencias y a la evaluación de la viabilidad de la instalación de paneles solares.
Encuestas y Entrevistas	Recopilación de información del personal sobre hábitos de consumo energético y conocimiento sobre energías renovables.	Ayuda a entender la cultura de ahorro energético (variable dependiente) y la disposición del personal a adoptar nuevas tecnologías (variable independiente).
Mediciones Directas	Uso de instrumentos para medir el consumo energético de equipos específicos y la radiación solar.	Proporciona datos cuantitativos precisos sobre el consumo energético (variable dependiente) y la disponibilidad de radiación solar (variable independiente), lo que es crucial para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
Ficha de Recolección de Datos	Instrumento diseñado para registrar información específica sobre el consumo de energía y características de los equipos.	Facilita la recopilación sistemática de datos relevantes, permitiendo un análisis más estructurado de cómo la implementación de energía fotovoltaica puede afectar el funcionamiento de los equipos de iluminación y publicidad (variable dependiente).

Cada una de estas técnicas contribuye a un entendimiento más profundo de las variables involucradas en el estudio. Al combinar datos cualitativos y cuantitativos, se puede realizar un análisis más robusto que permita evaluar la efectividad de la implementación de un sistema fotovoltaico y su impacto en el consumo energético del taller de confecciones textiles en Arequipa. Esto, a su vez, ayuda a formular recomendaciones basadas en evidencia para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad del taller.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

Los resultados del estudio sobre la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles a otros talleres con cargas similares, aunque no necesariamente textiles, puede realizarse considerando varios factores clave. A continuación, se presenta un análisis que puede ser útil para otros tipos de talleres:

Patrones de consumo energético

Análisis de consumo: al igual que en el taller de confecciones textiles, otros talleres deben realizar un análisis detallado de su consumo energético. Esto incluye identificar los equipos que consumen más energía y los patrones de uso a lo largo del día y del año. Por ejemplo, talleres de carpintería, metalurgia o manufactura también pueden tener un consumo significativo de energía debido a maquinaria y equipos de iluminación.

Radiación solar y ubicación

Evaluación de recursos solares: la viabilidad de un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la radiación solar disponible en la región. Talleres ubicados en áreas con alta radiación solar, como Arequipa, pueden beneficiarse de la energía solar de manera similar. Es importante realizar un estudio de radiación solar específico para cada ubicación.

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Cálculo de necesidades energéticas: la metodología utilizada en el estudio puede ser aplicada a otros talleres. Esto implica calcular la energía diaria requerida y dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico, incluyendo el número de paneles solares, reguladores, inversores y bancos de baterías necesarios para satisfacer las necesidades energéticas específicas del taller.

Beneficios económicos

Reducción de costos operativos: la implementación de un sistema fotovoltaico puede resultar en una reducción significativa de los costos operativos, similar a lo observado en el taller de

confecciones textiles. Esto es especialmente relevante para talleres que dependen de tarifas eléctricas elevadas, donde la energía solar puede ofrecer una alternativa más económica.

Impacto ambiental

Sostenibilidad y responsabilidad ambiental: la adopción de energía solar en otros talleres no solo contribuye a la reducción de costos, sino que también tiene un impacto ambiental positivo al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover el uso de energías renovables. Esto puede ser un factor atractivo para empresas que buscan mejorar su imagen de responsabilidad social y ambiental.

Educación y conciencia

Fomento de la cultura de ahorro energético: la implementación de sistemas fotovoltaicos puede servir como un catalizador para fomentar una cultura de ahorro energético y sostenibilidad en otros talleres. La sensibilización del personal sobre la importancia de la eficiencia energética puede llevar a prácticas más responsables en el uso de la energía.

Adaptabilidad a diferentes sectores

Flexibilidad del sistema: los sistemas fotovoltaicos son adaptables y pueden ser diseñados para satisfacer las necesidades específicas de diferentes tipos de talleres, ya sea en la industria de la construcción, la manufactura, o incluso en servicios como talleres de reparación. Esto permite que la solución sea escalable y aplicable a una variedad de contextos.

La extrapolación de los resultados del estudio a otros talleres con cargas similares sugiere que la implementación de sistemas de energía fotovoltaica puede ser una solución viable y beneficiosa en diversos sectores. Al realizar un análisis de consumo energético, evaluar la radiación solar, dimensionar adecuadamente el sistema y considerar los beneficios económicos y ambientales, otros talleres pueden también experimentar mejoras significativas en su eficiencia energética y sostenibilidad.

4.1.1 Evaluar el consumo actual de energía eléctrica en el taller de confecciones textiles

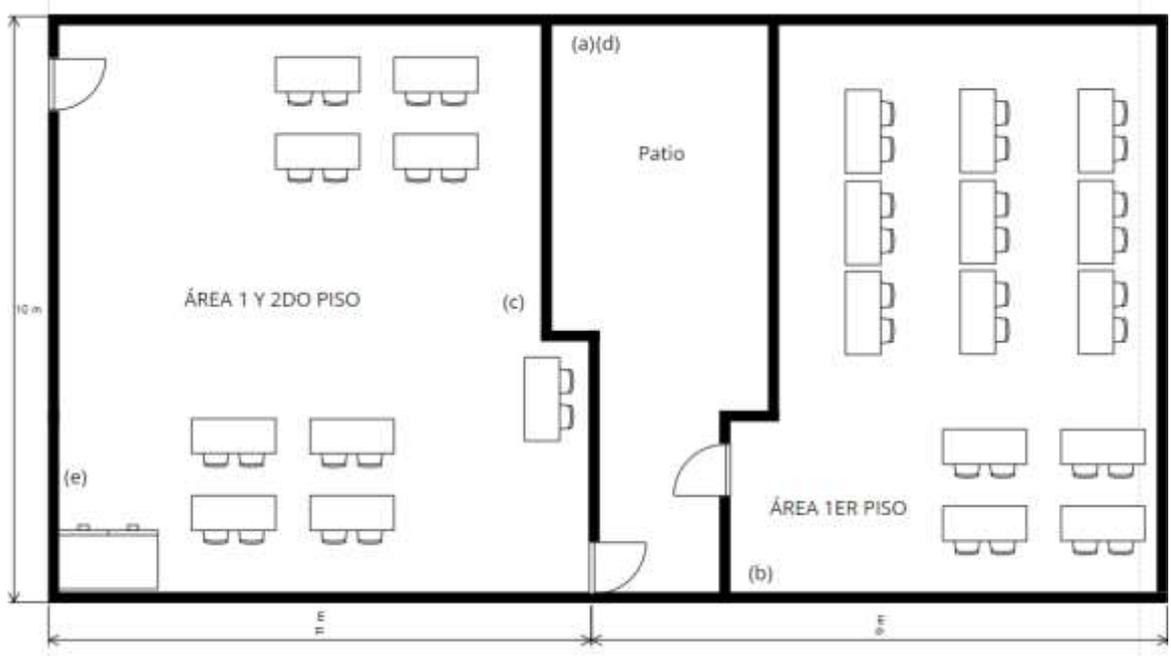


Figura 1. Plano del taller textil.

- a) Tablero de distribución general
- b) Tablero de distribución primer piso
- c) Tablero de distribución segundo piso
- d) Áreas comunes
- e) Tablero de paneles

La potencia de cada uno de los tableros se muestra:

Tabla 4. Distribución de los tableros eléctricos.

Tablero	Potencia instalada	% Carga
Tablero de distribución primer piso	3.3	46.48
Tablero de distribución segundo piso	2.5	35.21
Áreas comunes	0.8	11.27
Tablero de paneles	0.5	7.04
Tablero de distribución general	7.1	100

Nota. Tomada de taller textil.

Respecto, a los consumos de energía, se tiene los registros:

Tabla 5. Histórico de consumos de energía eléctrica 2023.

Mes	Energía Eléctrica kW-h	Costo (Soles)*
Enero	995.0	727.9420
Febrero	1015.0	742.5740
Marzo	983.0	719.1628
Abril	973.0	711.8468
Mayo	1179.0	862.5564
Junio	1085.0	793.7860
Julio	930.0	680.3880
Agosto	515.0	376.7740
Septiembre	551.0	403.1116
Octubre	822.0	601.3752
Noviembre	1209.0	884.5044
Diciembre	577.0	422.1332
Total	10834.0	7926.1544

*El costo mensual (considerando que cada kW-h cuesta 0.7316 soles), y los totales anuales.

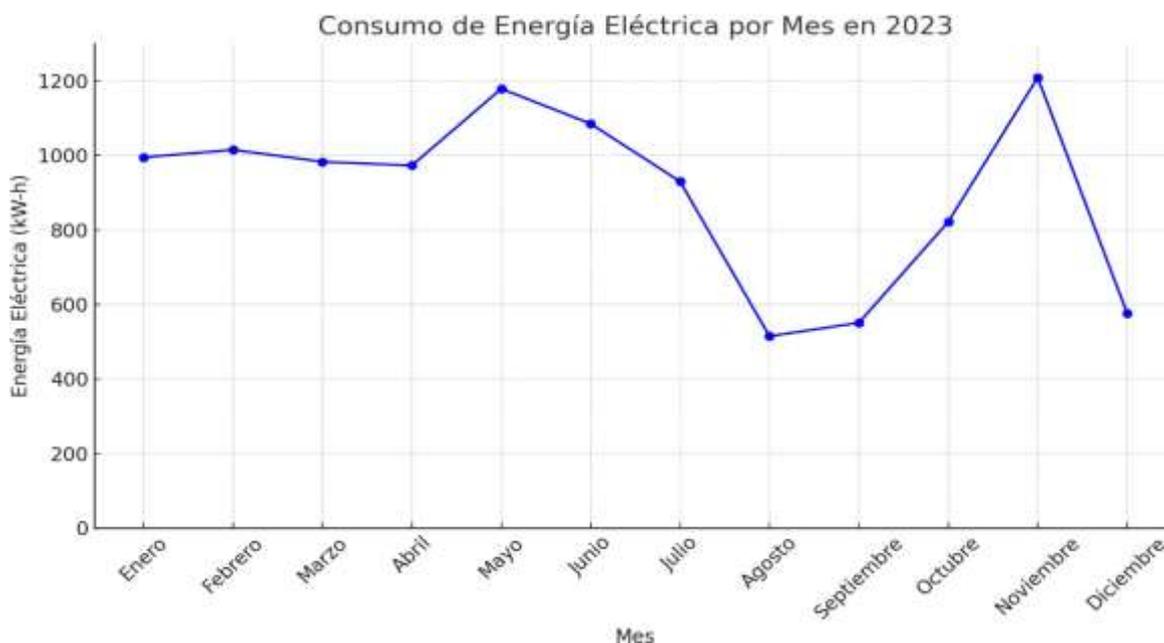


Figura 2. Evolución del consumo mensual de energía eléctrica en kW-h.

El análisis del consumo de energía eléctrica para el año 2023, basado en la tabla 4 y figura 2, revela importantes tendencias y patrones mensuales. Durante los meses de enero y febrero, el

consumo de energía eléctrica fue de 995 kW-h y 1015 kW-h respectivamente, con costos asociados de 727.94 soles y 742.57 soles. Estos meses muestran un consumo moderado, ligeramente por debajo del promedio anual.

Entre marzo y junio, se observa un aumento gradual en el consumo de energía, con 983 kW-h en marzo, 973 kW-h en abril, alcanzando un pico de 1179 kW-h en mayo, y 1085 kW-h en junio. Los costos correspondientes varían entre 719.16 y 862.56 soles. Este incremento podría estar relacionado con un aumento en la actividad o en la demanda energética durante estos meses.

De julio a septiembre, el consumo disminuye notablemente. En julio, el consumo fue de 930 kW-h, descendiendo a 515 kW-h en agosto y 551 kW-h en septiembre, con costos de 680.39 soles, 376.77 soles y 403.11 soles, respectivamente. Esta reducción significativa en agosto y septiembre puede deberse a factores estacionales o cambios en la actividad operativa.

En los meses de octubre a diciembre, se observa un consumo variable. En octubre, el consumo fue de 822 kW-h, seguido por un aumento significativo a 1209 kW-h en noviembre, y una caída a 577 kW-h en diciembre. Los costos asociados fueron de 601.38 soles, 884.50 soles y 422.13 soles, respectivamente. El notable aumento en noviembre podría estar relacionado con un incremento en la producción o eventos específicos.

El consumo total de energía eléctrica para el año 2023 fue de 10834 kW-h, con un costo total de 7926.15 soles. Las cifras reflejan la demanda energética anual con variaciones mensuales que pueden ser atribuidas a factores operacionales y estacionales.

4.1.2 Análisis de los niveles de radiación solar en Arequipa

Tabla 6. Niveles de radiación solar 2023.

Mes	10:00 am	11:00 am	12:00 pm	1:00 pm	2:00 pm	3:00 pm	4:00 pm
Enero	7.0	7.5	8.8	8.6	7.4	7.1	6.3
Febrero	6.8	7.2	8.6	8.4	7.2	6.9	6.1
Marzo	7.3	7.9	9.5	9.2	7.9	7.6	6.7
Abril	7.6	8.1	9.8	9.5	8.1	7.7	6.9
Mayo	7.8	8.4	10.0	9.7	8.4	8.0	7.1
Junio	8.6	9.2	11.0	10.7	9.2	8.7	7.9
Julio	7.0	7.5	8.8	8.6	7.4	7.1	6.3
Agosto	7.2	7.7	9.0	8.7	7.7	7.3	6.5
Septiembre	7.4	7.9	9.2	8.9	7.9	7.5	6.7
Octubre	7.0	7.5	8.8	8.6	7.4	7.1	6.3
Noviembre	6.8	7.3	8.6	8.4	7.3	6.9	6.1
Diciembre	6.9	7.4	8.7	8.5	7.4	7.0	6.2

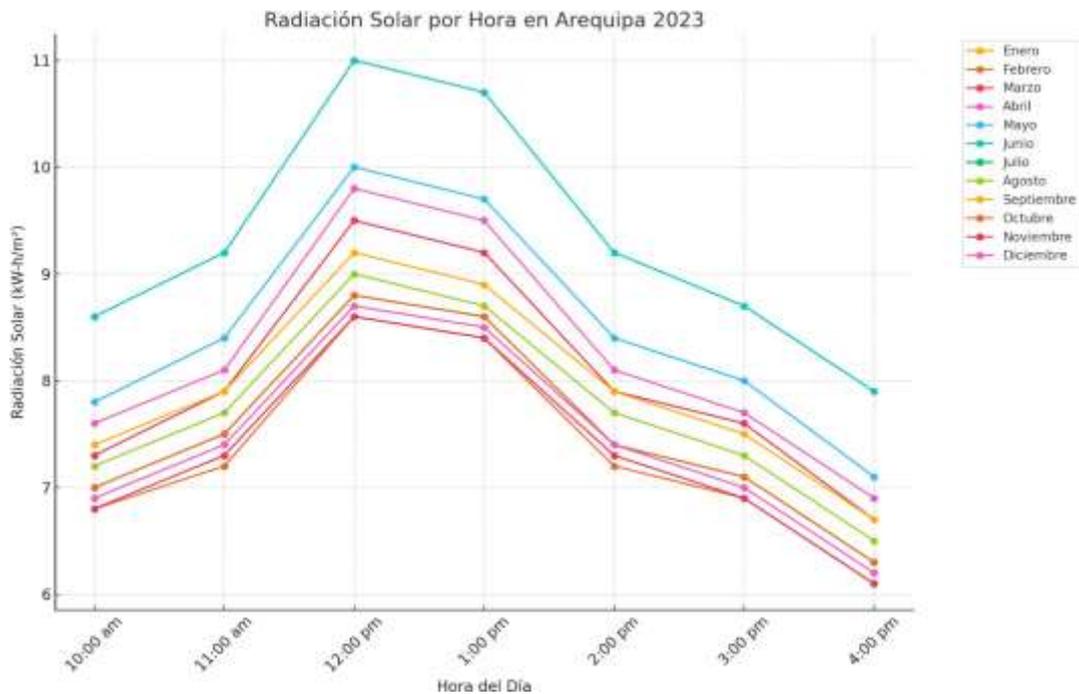


Figura 3. Niveles de radiación solar kW-h/m². Tomada de: SENAMHI 2023.

El análisis de los datos de radiación solar por hora en Arequipa para el año 2023, representado tanto en la tabla 5 como en la figura 3, muestra cómo varía la radiación solar a lo largo del día en cada mes del año. En general, la radiación solar alcanza su punto máximo alrededor del mediodía en todos los meses, reflejando un patrón típico de radiación solar diaria. Enero, por ejemplo, inicia con 7.0 kW-h/m² a las 10:00 am, alcanza 8.8 kW-h/m² al mediodía y disminuye a 6.3 kW-h/m² a las 4:00 pm, una tendencia similar se observa en otros meses con ligeras variaciones. Los meses de mayo y junio destacan por tener los picos más altos de radiación solar, con valores de hasta 10.0 kW-h/m² y 11.0 kW-h/m² respectivamente, indicando condiciones óptimas para la producción de energía solar.

4.1.3 Determinar el consumo energético de equipos de iluminación y publicidad para el taller de confecciones textiles

Para el consumo de energía se procedió a identificar los puntos de iluminación y la cantidad de consumo por parte el panel publicitario:

Tabla 7. Consumo de energía eléctrica.

Nivel	Iluminación		
	Nº Lámparas	Potencia (KW)	Total (kW)
Primer nivel	22	20	440
Segundo nivel	12	20	240
Total	34		680

Tabla 8. Consumo de energía eléctrica de cargas a suministrar con energía fotovoltaica.

Nivel	Iluminación		
	Consumo	Tiempo (Horas)	Energía (Kw-h)
Primer nivel	440	8	3.520
Segundo nivel	240	8	1.920
Panel publicitario	400	8	3.200
Total			8.640

De acuerdo a la tabla 7, se muestra que para mantener la iluminación y el uso de panel publicitario se tiene un consumo diario de 8.64 Kw-h, siendo esta carga la necesaria para poder ser suministrada por el sistema fotovoltaico.

4.1.4 Diseñar e implementar la configuración óptima del sistema fotovoltaico para el taller de confecciones textiles

Se inicio con la selección de los elementos del sistema voltaico, mediante la aplicación de la formula:

$$E = \frac{ET}{n_{inv} \times n_{bat}} \quad (4)$$

Dónde:

- n_{inv} : Eficiencia del inversor
- n_{bat} : Eficiencia de la batería
- ET: energía que se requiere

$$E = \frac{8640}{0.9 \times 0.86} \quad (5)$$

$$E = 11162 \text{ Wh/día} \quad (6)$$

Este resultado, 11162 Wh/día, representa la energía diaria que el sistema fotovoltaico debe generar para satisfacer la demanda energética.

Potencia del generador fotovoltaico

La potencia del generador fue calculada mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{11162}{8.8 \times (1 - 0.04)} \quad (7)$$

$$P = 1321 \text{ W} \quad (8)$$

Cálculo de módulos fotovoltaicos

Una vez determinada la potencia del generador fotovoltaico, se divide entre la potencia pico para calcular el número total de módulos fotovoltaicos necesarios.

$$N = \frac{P}{P_p} \quad (9)$$

Donde:

P_p : Potencia de cada panel (por modelo comercial se escogió un panel de 320 watt)

$$N = \frac{1321}{320} \quad (10)$$

$$N = 4.12 \text{ paneles} \quad (11)$$



Figura 4. *Panel solar KYOCERA DE 320 w 12v. Tomada de: todoensolar.com.*

Dimensionado del regulador

$$\text{Regulador} = n^{\circ} \text{ paneles} \times I_{sc} \quad (12)$$

Donde:

I_{sc} : Corriente de cortocircuito, según especificaciones del proveedor (9.09 A)

$$\text{Regulador} = 4 \times 9.09A \quad (13)$$

$$\text{Regulador} = 36.36 A \quad (14)$$

Dimensionamiento del inversor

Los módulos fotovoltaicos instalados en el sistema se determinan a partir de la potencia pico, que es de 1321 watts. Como el sistema tiene dos circuitos, se utilizan dos inversores de 600 watts cada uno. Los inversores JOMAR son adecuados para suministrar energía a equipos recreativos, equipos móviles de oficina y otras aplicaciones eléctricas, convirtiendo los 12 V de corriente continua de la batería en 230 V de corriente alterna (CA).



Figura 5. Inversor 12 V. Tomada de: todoensolar.com.

Dimensionamiento del banco de baterías

Tomando en cuenta una descarga del 80% de las baterías y una autonomía de 2 días, obtenemos:

$$Ct = \frac{E \times A}{Vn \times Pd} \quad (15)$$

Donde:

- Ct= capacidad total (Ah) A= Autonomía en días
- Vn= Voltaje del acumulador
- Pd= Eficiencia de descarga de la batería

$$Ct = \frac{11162 \times 2}{12 \times 0.8} \quad (16)$$

$$Ct = 2325 \text{ Ah} \quad (17)$$

Cálculo de número de baterías

$$N = \frac{Ct}{qA} \quad (18)$$

Donde:

- qA: Valor comercial de baterías por proveedor (554 A-h)

$$N = \frac{2325}{554} \quad (19)$$

$$N = 4.19 = 4 \text{ baterías} \quad (20)$$

Se emplearon 4 bancos de baterías de 12 V cada uno, conectados en paralelo, conforme al rango admisible según la ficha técnica del controlador. Se seleccionaron 4 baterías de 554 Ah cada una, modelo S-550 de 554 Ah, que cumplen con los requisitos calculados.



Figura 6. *Espacio de instalación.*

Para calcular la energía necesaria considerando las eficiencias del inversor y de la batería, se utiliza la siguiente fórmula:

$$E = n_{inv} \times n_{bat} ET \quad (21)$$

Donde:

- E es la energía que debe generar el sistema fotovoltaico (Wh/día).
- ET es la energía total requerida (Wh/día).
- n_{inv} es la eficiencia del inversor (valor entre 0 y 1).
- n_{bat} es la eficiencia de la batería (valor entre 0 y 1).

Supongamos los siguientes valores:

- Energía Total Requerida (ET): 8640 Wh/día (como se menciona en el documento).
- Eficiencia del Inversor (n_{inv}): 0.9 (90%).
- Eficiencia de la Batería (n_{bat}): 0.86 (86%).

Cálculo de la energía generada por el sistema fotovoltaico

- Sustitución de valores en la fórmula: $E=0.9 \times 0.86 \times 8640 \text{Wh/día}$
- Cálculo del denominador: $0.9 \times 0.86 = 0.774$
- Cálculo de la energía: $E = 0.774 \times 8640 \text{Wh/día} \approx 11162.5 \text{Wh/día}$

Resultado

Por lo tanto, la energía que el sistema fotovoltaico debe generar para satisfacer la demanda energética del taller, considerando las eficiencias del inversor y de la batería, es aproximadamente 11162.5 Wh/día.

Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Para determinar la potencia del generador fotovoltaico, se puede usar la siguiente fórmula:

$$P = H \times (1 - D) E \quad (22)$$

Donde:

- P es la potencia del generador fotovoltaico (W).
- E es la energía que debe generar el sistema (Wh/día).
- H es el número de horas de sol pico al día (por ejemplo, 5 horas).

- D es el porcentaje de pérdidas (por ejemplo, 0.04 para un 4% de pérdidas).

Supongamos:

- Horas de Sol Pico (H): 5 horas.
- Pérdidas (D): 0.04.

Cálculo de la potencia del generador fotovoltaico

- Sustitución de valores en la fórmula: $P=5h \times (1-0.04)11162.5\text{Wh/día}$
- Cálculo del denominador: $5 \times (1-0.04)=5 \times 0.96=4.8$
- Cálculo de la potencia: $P=4.811162.5\text{Wh/día} \approx 2320.3\text{W}$

Resultado final

La potencia del generador fotovoltaico necesaria para satisfacer la demanda energética del taller es aproximadamente 2320.3 W.

Este cálculo asegura que el sistema fotovoltaico esté dimensionado adecuadamente para cubrir las necesidades energéticas del taller, teniendo en cuenta las eficiencias del inversor y de la batería.

4.1.5 Análisis económico

Consumo energético y costos actuales

Supongamos que el taller tiene un consumo energético diario de 8.64 kWh (como se mencionó anteriormente). Para calcular el costo mensual y anual, se necesita conocer el costo promedio de la electricidad.

- Costo promedio de la electricidad: Supongamos que es \$0.15 USD/kWh.

Cálculo del costo mensual y anual

- Costo diario:
 $\text{Costo diario} = \text{Consumo diario} \times \text{Costo por kWh} = 8.64\text{kWh} \times 0.15\text{USD/kWh} = 1.296\text{USD}$
- Costo mensual: $\text{Costo mensual} = \text{Costo diario} \times 30 = 1.296\text{USD} \times 30 = 38.88\text{USD}$
- Costo anual: $\text{Costo anual} = \text{Costo mensual} \times 12 = 38.88\text{USD} \times 12 = 466.56\text{USD}$

Ahorro potencial con el sistema fotovoltaico

Con la implementación del sistema fotovoltaico, se espera que el taller reduzca su dependencia de la red eléctrica convencional. Si el sistema fotovoltaico genera suficiente energía para cubrir el consumo diario, el ahorro se calcularía como el costo total de la electricidad que se dejaría de pagar.

Ahorro anual

- Ahorro anual: Ahorro anual=Costo anual=466.56USD

Inversión Inicial y Retorno de la Inversión (ROI)

Supongamos que la inversión inicial para la instalación del sistema fotovoltaico es de \$5,000 USD. Para calcular el retorno de la inversión, se utiliza la siguiente fórmula:

$$ROI = (Inversión\ inicial\ Ahorro\ anual) \times 100 \quad (23)$$

Cálculo del ROI

- ROI: $ROI = (5000USD - 466.56USD) \times 100 \approx 9.33\%$

Tiempo de Recuperación de la Inversión

El tiempo de recuperación de la inversión se calcula dividiendo la inversión inicial por el ahorro anual:

$$Tiempo\ de\ recuperación = \frac{Inversión\ inicial}{Ahorro\ anual} \quad (24)$$

Cálculo del tiempo de recuperación

- Tiempo de recuperación: $Tiempo\ de\ recuperación = \frac{5000USD}{466.56USD} \approx 10.7\text{ años}$

Beneficios adicionales

Además del ahorro económico directo, la implementación del sistema fotovoltaico puede ofrecer otros beneficios, tales como:

- Reducción de emisiones de CO₂: contribuye a la sostenibilidad y mejora la imagen de la empresa.
- Estabilidad en costos: protege contra el aumento de tarifas eléctricas en el futuro.
- Mejora en la calidad del suministro eléctrico: reduce la dependencia de la red eléctrica y mejora la fiabilidad del suministro.

La implementación de un sistema fotovoltaico en el taller de confecciones textiles no solo proporciona un ahorro significativo en costos de electricidad, sino que también ofrece un retorno de inversión razonable y contribuye a la sostenibilidad ambiental. Con un ahorro anual estimado de \$466.56 USD, el taller puede recuperar su inversión en aproximadamente 10.7 años, lo que representa una opción viable y beneficiosa a largo plazo.

4.2 Discusión

Chinchilla & Salinas (2022) y Bermúdez & López (2023) enfocaron sus estudios en la sostenibilidad y viabilidad económica de sistemas fotovoltaicos en zonas residenciales y comerciales. Ambos estudios demostraron la viabilidad económica a través de un retorno de inversión relativamente rápido (cuatro años en el caso de Chinchilla & Salinas) y un ahorro significativo en costos operativos (30% en el caso de Bermúdez & López). En comparación, nuestro estudio, también muestra un potencial ahorro significativo con un consumo diario calculado de 8.64 kW-h y un dimensionamiento adecuado para un generador fotovoltaico que satisface esta demanda. Sin embargo, el coste inicial de instalación y la recuperación de inversión no fueron directamente comparados, lo que podría ser una interesante área de estudio futuro para evaluar la rentabilidad en nuestro contexto específico.

Gonzáles (2021) destacó los beneficios ambientales significativos de la energía fotovoltaica, incluyendo la reducción de emisiones de CO₂. Nuestro estudio, al dimensionar el sistema fotovoltaico para un taller de confecciones textiles, también subraya el impacto positivo en la reducción del consumo de energía convencional y, por ende, en la disminución de emisiones contaminantes. La metodología utilizada para calcular la eficiencia del sistema (fórmula $E=ET/(n_{inv} \times n_{bat})$) y la potencia del generador fotovoltaico asegura que el sistema está optimizado para maximizar la producción de energía renovable, alineándose con los objetivos ambientales mencionados por Gonzáles.

Por su parte, Ponce & Ramos (2021) y Vásquez (2020) abordaron la implementación de sistemas fotovoltaicos en contextos educativos y rurales. Los resultados de ambos estudios muestran la viabilidad técnica y económica de tales sistemas, al tiempo que promueven la sostenibilidad y la autosuficiencia energética. En nuestro caso, la implementación de energía

fotovoltaica en un taller de confecciones textiles también puede considerarse un paso hacia la autosuficiencia energética, similar a las aplicaciones educativas y rurales mencionadas. La selección cuidadosa de componentes (paneles, inversores, baterías) y el dimensionamiento adecuado garantizan una solución sostenible y rentable.

A su turno, Vidal & Canales (2023) investigaron cómo los paneles solares mejoran la calidad del servicio eléctrico en áreas rurales. Nuestro estudio se alinea con estos hallazgos, ya que la implementación de un sistema fotovoltaico en el taller de confecciones textiles no solo reduce los costos operativos, sino que también mejora la calidad y la fiabilidad del suministro eléctrico, esencial para el funcionamiento continuo de los equipos de iluminación y publicidad.

Niño (2020) se centró en el dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico para reducir el consumo de energía convencional en una empresa. Nuestro estudio utilizó una metodología similar, calculando la energía diaria requerida y el número de paneles necesarios (4.12 paneles de 320 W cada uno), así como dimensionando adecuadamente el regulador, inversores y bancos de baterías. Este enfoque asegura que el sistema fotovoltaico esté bien adaptado a las necesidades energéticas del taller, garantizando eficiencia y sostenibilidad a largo plazo.

El análisis del consumo de energía eléctrica para el año 2023 en nuestro estudio mostró variaciones mensuales significativas, con picos en mayo y noviembre. Esto sugiere que la demanda energética no es constante y puede estar influenciada por factores operacionales y estacionales. La implementación del sistema fotovoltaico ayudará a mitigar estos picos de consumo, proporcionando una fuente de energía constante y reduciendo la dependencia de la red eléctrica convencional. Económicamente, aunque no se realizó un análisis detallado del retorno de inversión en nuestro estudio, la reducción en los costos operativos y la mejora en la eficiencia energética sugieren un impacto positivo similar a los estudios de referencia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Si los resultados del estudio demuestran que la implementación del sistema fotovoltaico efectivamente permite el funcionamiento continuo y eficiente de los equipos de iluminación y publicidad, se valida la hipótesis general. Esto se reflejaría en una reducción de costos operativos y una mejora en la sostenibilidad del taller.

El estudio incluyó un análisis detallado del consumo energético anual del taller y la evaluación de la radiación solar disponible en Arequipa, lo que permitió calcular las necesidades energéticas diarias y dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico. Si se observa una reducción significativa en el consumo energético tras la implementación de medidas de eficiencia energética y el uso de energía solar, se confirma esta hipótesis.

Se identificó que el consumo diario para la iluminación y el panel publicitario es de 8.64 kW-h, lo que llevó a la instalación de un sistema fotovoltaico capaz de generar 11,162 Wh/día, asegurando que el sistema esté bien adaptado a las necesidades energéticas del taller. La medición de la radiación solar en Arequipa y su correlación con la producción de energía del sistema fotovoltaico puede validar esta hipótesis, mostrando que la radiación es suficiente para justificar la inversión.

Si se demuestra que los equipos de iluminación y publicidad consumen una porción significativa de la energía total y que su eficiencia mejora con el sistema fotovoltaico, se valida esta hipótesis.

La investigación concluyó que la adopción de tecnología fotovoltaica en el taller de confecciones textiles es una solución viable y beneficiosa, ofreciendo ventajas económicas, operativas y ambientales significativas, lo que respalda el diseño de una configuración óptima del sistema. La capacidad de diseñar e implementar un sistema fotovoltaico que satisfaga las necesidades energéticas específicas del taller, resultando en una reducción de costos, confirmaría esta hipótesis.

La implementación del sistema de energía fotovoltaica tiene un impacto social significativo, ya que contribuirá a la sensibilización y educación de la comunidad sobre la importancia de las energías renovables, posicionando al taller como un líder en responsabilidad ambiental.

5.2 Recomendaciones

Ampliar el alcance del estudio: incluir múltiples talleres de diferentes sectores para obtener una visión más amplia y generalizable sobre la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Realizar estudios a largo plazo: llevar a cabo investigaciones que abarquen varios años para evaluar el rendimiento y la sostenibilidad del sistema a lo largo del tiempo.

Incluir análisis económico detallado: realizar un análisis de costo-beneficio más exhaustivo que considere todos los aspectos financieros, incluidos los costos de instalación, mantenimiento y retorno de inversión.

Fomentar la educación y sensibilización: desarrollar programas de capacitación para el personal sobre el uso eficiente de la energía y la importancia de las energías renovables.

Evaluar el impacto ambiental: incluir un análisis del impacto ambiental de la implementación de sistemas fotovoltaicos, considerando tanto los beneficios como los posibles efectos negativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ATARAMA MONTERO, N. Evaluación del potencial de energía solar para generación de energía eléctrica, como una alternativa para disminuir el uso de combustibles fósiles, en la región Piura. 2019. *Alicia – acceso libre a información científica para la innovación* [en línea] [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1813>
2. IEA, 2025. World added 50% more renewable capacity in 2023 than in 2022 and next 5 years will see fastest growth yet, but lack of financing for emerging and developing economies is key issue. En: Massive expansion of renewable power opens door to achieving global tripling goal set at COP28. [en línea]. [Fecha de consulta: 11 enero de 2024]. Disponible en: <https://www.iea.org/news/massive-expansion-of-renewable-power-opens-door-to-achieving-global-tripling-goal-set-at-cop28>
3. PALACIOS REYES, S. Análisis de las ventajas competitivas del uso de energía solar fotovoltaica en el proceso educativo de la IE Cristo Rey– Talara–2019. 2019. *Alicia – acceso libre a información científica para la innovación* [en línea] [Fecha de consulta: 04 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8026>
4. GUACANEME, W., et al. Diseño para la conversión tecnológica de las plantas térmicas de generación de energía eléctrica a carbón por un sistema de generación fotovoltaico en el departamento de La Guajira. 2021. *Repositorio de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas* [en línea] [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/29678>
5. CHINCHILLA RÍOS, S.; SALINAS ROMERO, Y. Propuesta de sostenibilidad para la utilización de energía fotovoltaica en zonas residenciales de Bogotá. Un estudio de caso para el Conjunto Residencial Ciudad Tintal 2 Etapa 2. 2022. Tesis de Licenciatura. *Fundación Universidad de América*. [en línea] [Fecha de consulta: 08 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/45525e6e-49a9-474e-ade5-437a3809eb18/content>
6. BERMÚDEZ CASTAÑO, N., LÓPEZ GONZÁLEZ, C. Propuesta de implementación de un sistema de ahorro de energía eléctrica mediante la utilización de la energía solar fotovoltaica para la empresa Inversiones AGA de Cali, Colombia. 2023. *Repositorio*

- de la Universidad Cooperativa de Colombia* [en línea] [Fecha de consulta: 14 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/53147>
7. GONZÁLES, E. Utilización de la energía fotovoltaica con fines docente-productivos en la Universidad de Holguín. *En 10ma Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín*. 2021.
 8. VILLASECA CALLE, P. Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en el Perú. 2020. *Universidad César Vallejo* [en línea] [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/520204495.pdf>
 9. PONCE VALDIVIA, B.; RAMOS MENDOZA, V. Mejora de la eficiencia de un sistema solar fotovoltaico autónomo aplicado a viviendas rurales de zonas aisladas del Perú 2020. 2021. *Alicia – acceso libre a información científica para la innovación* [en línea] [Fecha de consulta: 08 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/4274>
 10. VASQUEZ LEON, H. Generación eléctrica con sistemas fotovoltaicos para reducir el costo por consumo de energía eléctrica de la Universidad Nacional del Centro del Perú. 2020. *Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú* [en línea] [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6002>
 11. VIDAL DOMÍNGUEZ, E.; CANALES ROSAS, J. Uso de paneles solares para mejorar la calidad de la energía eléctrica del centro poblado Pararin–departamento de Ancash–Perú-2021. 2023. *Alicia – acceso libre a información científica para la innovación* [en línea] [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12952/7641>
 12. NIÑO RUIZ, J. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para disminuir el consumo de energía eléctrica convencional en la empresa Exotic's Producers & Packers". 2020. *Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo* [en línea] [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8373>
 13. RAMOS GALARZA, Carlos. Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 2021, vol. 10, no 1, p. 1-7. *Editorial Diseños de investigación experimental* [en línea]

[Fecha de consulta: 22 de febrero de 2024]. Disponible en:
<https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356/699>

14. PEÑA GALLO, A. M., GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ, D. A., & CALDAS LUJAN, F. G. (2019). Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica con potencia activa de 1 kw. *Repositorio de la Universidad Cooperativa de Colombia* [en línea] [Fecha de consulta: 01 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/14677>
15. GUERRERO LIQUET, G. C. (2019). Optimización y gestión en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red mediante toma de decisión multi-criterio. *Repositorio de la Universidad Politécnica de Cartagena* [en línea] [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/8800>
16. TAGÜITE FLORES, J. A. (2020). Análisis de sistemas híbridos para el suministro de energía eléctrica en equipos de telecomunicación de bajo consumo (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala). *Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala* [en línea] [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/15299>
17. JIMÉNEZ JIMÉNEZ, J. C. (2023). Una aproximación experimental al estudio sobre el fenómeno de la transformación de la luz en electricidad con sustancias fotosensibles. *Repositorio de la Universidad Pedagógica Nacional* [en línea] [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19485>
18. JARA OLAVE, V. F. (2023). Correlación de eficiencia cuántica de emisión y absorción para el análisis de celdas solares de silicio a través de imágenes en la banda del infrarrojo cercano. *Universidad de Concepción*.
19. CHAVARRÍA, D. A. A. (2024). Efecto del espesor de la película CdTe obtenida mediante erosión catódica sobre la eficiencia en ventanas fotovoltaicas. *Repositorio de la Universidad Autónoma de Querétaro* [en línea] [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/9932>
20. FILIPPIN, F. A., & FASOLI, H. J. (2021, April). Sistemas fotofísico y fotoquímico con semiconductores para la conversión de energía solar. In *Anales (Asociación Física Argentina)* (Vol. 32, No. 1, pp. 22-31). *Asociación Física Argentina*. [en línea] [Fecha

de consulta: 04 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://anales.fisica.org.ar/index.php/analesafa/article/view/2278>

21. ESTARLICH Gil, P. (2022). Optimización de capas de óxido de zinc dopadas con aluminio ZnO: Al (AZO) depositadas por ALD para células solares transparentes (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). *Universidad Politècnica de Catalunya* [en línea] [Fecha de consulta: 01 de marzo de 2024]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/379627/Memoria_TFG_Pau_Estarlich_Gil.pdf?sequence=2
22. CRUZ, L. G., & ENERGÉTICOS, P. M. E. S. (2023). Evaluación de las propiedades fotovoltaicas de una celda solar flexible sensibilizada por colorante fabricada a base de grafeno y organismos fotosintéticos. *Repositorio de la Universidad Autónoma de Occidente* [en línea] [Fecha de consulta: 01 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10614/14847>
23. HERNÁNDEZ, D. R., MARTÍNEZ, E. G. E., & Mesa, A. P. (2021). Propuesta de cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos. *Escritos Contables y de Administración*, 12(2), 68-98. [en línea] [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.52292/j.eca.2021.2654>
24. Cuervo Chacón, M. I. (2012). Análisis microscópico y espectroscópico de técnicas de texturización superficial en silicio multicristalino (Master's thesis, Universidad del Norte). *Repositorio de la Universidad del Norte*, 12(2), 68-98. [en línea] [Fecha de consulta: 01 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10584/8652>
25. MEDINA, L. (2022). Construcción de una banca electrónica con panel solar para carga de dispositivos móviles en el periodo abril-septiembre 2022 (Doctoral dissertation).
26. GONZÁLEZ GUAJARDO, E. O. (2015). Preparación y caracterización de películas delgadas de Cu₃BiS₃ con potencial aplicación en celdas solares (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). *Repositorio de la Universidad Autónoma de Nuevo León* [en línea] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2024]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/9396>
27. MOSCOSO VILLARROEL, C. M. (2023). Implementación de un sistema de adquisición de datos de energía producida en una estación fotovoltaica de 560w para La obtención de las pérdidas de energía. *Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)* [en

línea] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11233>

28. CEPEDA LÓPEZ, M. E., & GARCÍA BURGOS, C. L. (2021). Diseño de adaptación de un motor eléctrico fuera de borda alimentado por energía solar fotovoltaica para una embarcación de 16 ft de eslora. *Repositorio de la Universidad Autónoma Nariño* [en línea] [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/4583>
29. VÁZQUEZ DE LA IGLESIA, Á. (2022). Diseño y ejecución del sistema de abastecimiento eléctrico para un colegio de formación profesional en Zimbabue. *Repositorio de la Universidad Pontificia Comillas* [en línea] [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/530252/retrieve>
30. TAPIA, D. F. E., Galarza et al. (2024). Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos en el autoabastecimiento. *Ciencia Latina Internacional* [en línea] [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://biblioteca.ciencialatina.org/wp-content/uploads/2024/03/MANUAL-DE-DISENO-DE-SISTEMAS-FOTOVOLTAICOS-EN-EL-AUTOABASTECIMIENTO-DE-UNIDADES-HABITACIONALES.pdf>
31. GARCÍA JIMÉNEZ, R. (2020). Análisis económico de una instalación fotovoltaica en un complejo de turismo rural: autoconsumo vs aislada. *Repositorio de la Universidad Politécnica de Cartagena* [en línea] [Fecha de consulta: 18 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/8540>
32. LEON LUCERO, L. F., & ZORIA LOJANO, J. P. (2024). Estudio de factibilidad para el uso de un sistema híbrido con energía eólica, solar FV, generadores diésel y baterías en el área de Irquis-Sector Tarqui (Bachelor's thesis). *Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana* [en línea] [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27578>
33. DOMÍNGUEZ ALCÍVAR, E. J. (2023). Diseño de prototipos de sistemas fotovoltaicos autónomos para uso en aplicaciones de acuicultura: diseño de un prototipo de sistema de generación fotovoltaico autónomo para operación de un aireador tipo paleta. *Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional* [en línea] [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24980>

34. RAMÍREZ, S. B., FRÍAS, C. G., ROSALES, L., & LÓPEZ, M. P. P. (2021). Margarita del Val: Sensatez y responsabilidad en tiempos de pandemia. *Ciencia y Medio Ambiente*, ISSN 1699-6305, N°. 22, 2021, págs. 39-44.
35. CHERO NUNURA, J. A., & TESÉN SOTO, A. (2021). Implementación de un servomecanismo de posición a un panel solar utilizando lógica difusa para aumentar la eficiencia en la captación de energía solar. *Repositorio de la Universidad Pedro Ruiz Gallo* [en línea] [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9383>
36. BARRASA MÁRQUEZ, I. (2023). Diseño y simulación de una caja de baterías para un coche eléctrico. *Repositorio de la Universidad del País Vasco* [en línea] [Fecha de consulta: 01 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10810/63278>
37. TONATO PALOMO, D. A., & TUTIN CHICAIZA, R. E. (2023). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para el suministro parcial de energía de la unidad educativa Huachi Grande. *Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica*. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=ZGxoDFcAAAAJ&citation_for_view=ZGxoDFcAAAAJ:u5HHmVD_uO8C
38. RODRÍGUEZ SANTILLÁN, O. P., & CARLÓ JALÓN, C. D. (2024). Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo en una red fotovoltaica mediante el uso de la RTU SEL-RTAC 3530 (Bachelor's thesis). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana Vasco* [en línea] [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27293>
39. CRUZ GONZALES, V. L. (2024). Implementación De Un Sistema IoT Para El Monitoreo Del OEE En Tiempo Real De Máquinas Termoformadoras De Una Empresa Del Sector Plástico. *Alicia – acceso libre a información científica para la innovación* [en línea] [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/9032>
40. GUERREROS VALDIVIA, E. A. (2021). Eficiencia operativa de las redes eléctricas de distribución en un entorno de smart grid de la base aérea de las palmas de la Fuerza Aérea del Perú-Surco. *Alicia – acceso libre a información científica para la innovación* [en línea] [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12952/6299>

41. SALAZAR PÉREZ, G. S. (2024). Modelo de despacho óptimo de energía eléctrica de corto plazo para la microrred Baltra Santa Cruz considerando restricciones de seguridad (Master's thesis, Quito: EPN, 2024.). *Escuela Politécnica Nacional* [en línea] [Fecha de consulta: 13 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25306>
42. Rueda Tovar, R. (2020). Desarrollo de una central de energía solar fotovoltaica en edificio empresarial. *Universidad Pontificia Bolivariana* [en línea] [Fecha de consulta: 09 de marzo de 2024]. Disponible en: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9599/1707_e_4%20\(1\).pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9599/1707_e_4%20(1).pdf?sequence=1)
43. ROSETE PARRO, J. (2022). Estudio energético y económico de medidas de eficiencia energética en instalaciones aeroportuarias. *Universidad de Sevilla* [en línea] [Fecha de consulta: 08 de marzo de 2024]. Disponible en: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/72246/descargar_fichero/TFM-2246+ROSETE+PARRO%2C+JES%C3%9AS.pdf
44. PAYÁS MUÑOZ, A. (2019). Sistema de monitorización para instalaciones fotovoltaicas aisladas. *Repositorio de la Universidad del País Vasco* [en línea] [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10810/37153>
45. PÉREZ, D. (2024). Instalación y aplicaciones de las cocinas solares. *Marcombo*. [en línea] [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.marcombo.com/libro/libros-tecnicos-de-arte-y-cientificos/instalaciones-libros-tecnicos-y-cientificos/energias-renovables-instalaciones/instalacion-y-aplicaciones-de-las-cocinas-solares/?srsltid=AfmBOorRwlb8Ng5o8u6PWEgfbPJwzWA0I3yLo146tYkciwc1Z6qNeSLJ>
46. FRAGUEYRO, A. L. (2024). Sistema móvil de energía solar para riego agricultura intensiva. *Repositorio de la Universidad de San Andrés*. [en línea] [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10908/23806>
47. IZA CORO, G. J. (2018). Carretera inteligente con aplicación de servicios digitales en el trayecto Pelileo-Baños en la provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis). *Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato*. [en línea] [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27797>

48. VERA MUÑOZ, S. (2020). Sensor IoT para la integración de generación fotovoltaica en vehículos eléctricos. *Archivo Digital de la Universidad Politécnica de Madrid*. [en línea] [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://oa.upm.es/67076/>
49. CHICAIZA MACIAS, A. N. (2024). Estudio del comportamiento de paneles fotovoltaicos bajo diversas condiciones climatológicas mediante herramientas de programación (Bachelor's thesis). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. [en línea] [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27297>
50. MIJAHUANCA ARENAS, K. H. (2023). Viabilidad técnica y económica de la integración de energías renovables en el bombeo de agua para riego en el caserío la guayaba, distrito de bellavista en Cajamarca. *Repositorio de la Universidad Pedro Ruiz Gallo*. [en línea] [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/12356>
51. BUSTAMANTE RUIZ, G. J., & ESPINOZA GALLARDO, J. C. (2024). Modelo predictivo para estimar el índice de radiación solar ultravioleta en región Lambayeque. *Repositorio de la Universidad Pedro Ruiz Gallo*. [en línea] [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/12675>
52. MONTALVO CAÑARI, I. E. (2023). Efecto de la radiación solar e inclinación del panel fotovoltaico en el caudal de la bomba en San Pedro de Chunán-Jauja. *Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú*. [en línea] [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/10589>
53. PINO-VARGAS, E., & Chávarri-Velarde, E. (2022). Evidencias de cambio climático en la región hiperárida de la Costa sur de Perú, cabecera del Desierto de Atacama. *Tecnología y ciencias del agua*, 13(1), 333-376. *Tecnología y Ciencias del Agua*. [en línea] [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0003-3946-7188>
54. VILLAFUERTE, S. M. G., LUNA, F. X. L., & DAVID, F. U. G. (2023). Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos en el autoabastecimiento de unidades habitacionales. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*. [en línea] [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.60100/rcmg.v4i2.125>

55. DUARTE CHINCHILLA, P. J. (2022). Análisis de impacto del desbalance y acomodo de cargas para usuarios de la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander. *Universidad Francisco de Paula Santander*. [en línea] [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/9072>
56. PASCUAL, J. S., et al. (2020). Energía sostenible sin malos humos. Bloomsbury Publishing. *Bloomsbury*. [en línea] [Fecha de consulta: 07 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.bloomsbury.com/us/energ%C3%ADa-sostenible-sin-malos-humos-9781912934188/>
57. Tapia Palma, J. C. (2023). Diseño y simulación de un Sistema de Tracking basado en redes neuronales para mantener la máxima eficiencia de paneles solares. Master's thesis, Ecuador: Latacunga. *Universidad Técnica de Cotopaxi. (UTC)*. [en línea] [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10772>
58. ALMACHI GUANOLUISA, D. X. (2023). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a los servidores de la empresa SISCO. *DSpace Repository*. [en línea] [Fecha de consulta: 08 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/334>
59. MOSCOSO VILLARROEL, C. M. (2023). Implementación de un sistema de adquisición de datos de energía producida en una estación fotovoltaica de 560w para La obtención de las pérdidas de energía (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). *Universidad Técnica de Cotopaxi. (UTC)*. [en línea] [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11233>
60. HERRERA, J. M. V. (2023). Sistema de Trigeneración Solar Para Operación de Planta Didáctica de Instrumentación y Control de Procesos Industriales (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría, Universidad de Santander UDES, Bucaramanga). *Repositorio de la Universidad de Santander UDES*. [en línea] [Fecha de consulta: 07 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/8830>
61. MEDINA CORREA, R. (2021). Evaluación del efecto de la temperatura sobre el rendimiento y la eficiencia de conversión energética en exteriores de tres tecnologías fotovoltaicas durante el periodo estival en la zona centro sur de Chile. *Dirección de*

bibliotecas de la Universidad de Concepción. [en línea] [Fecha de consulta: 07 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.udec.cl/handle/11594/9961>

62. MORALES, L. A. Q., & ANCHATIPÁN, A. D. P. (2024). Análisis comparativo de las tecnologías de inversores On Grid utilizados en sistemas conectados a la Red. *Tesla Revista Científica*, 4(1), e286-e286. [en línea] [Fecha de consulta: 07 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e286>
63. Álvarez-Risco, A. (2020). Clasificación de las investigaciones. *Universidad de Lima*. [en línea] [Fecha de consulta: 07 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-la-amazonia-peruana/tesis-2/clasificacion-de-investigaciones/99582736>
64. Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>GENERAL ¿De qué manera Implementar la energía fotovoltaica para funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad de un taller de confecciones textiles de Arequipa, 2024?</p>	<p>GENERAL Proponer la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en un taller de confecciones textiles en Arequipa para reducir los costos operativos relacionados con el consumo de energía.</p>	<p>GENERAL La implementación de la energía fotovoltaica permitirá el funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad de un taller de confecciones textiles de Arequipa, 2024.</p>	<p>Utilización de energía fotovoltaica</p>	<p>Radiación Solar: Medida en kilovatios-hora por metro cuadrado (kWh/m²) para evaluar la disponibilidad de energía solar. Número de Módulos Fotovoltaicos: Cantidad de paneles solares instalados en el taller. Potencia Eléctrica Generada: Medida en kilovatios (kW) de la energía producida por el sistema fotovoltaico. Horas de Funcionamiento: Tiempo durante el cual el sistema fotovoltaico está en operación y generando energía.</p>	<p>KW-h/m²: Cantidad de energía solar recibida en un área específica. Número de Módulos: Total de paneles solares instalados. KW: Potencia eléctrica generada por el sistema. Horas: Tiempo de operación del sistema.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN Aplicativo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Experimental POBLACIÓN Y MUESTRA Equipos de generación de sistemas eléctricos de carga eléctrica. MUESTREO No probabilísticos INSTRUMENTO Ficha de recolección de datos.</p>

<p>ESPECÍFICOS</p> <p>¿De qué manera evaluar el Consumo Actual de Energía Eléctrica en el Taller de Confecciones Textiles?</p> <p>¿De qué manera Analizar los niveles de Radiación Solar en Arequipa?</p> <p>¿De qué manera determinar el Consumo Energético de Equipos de Iluminación y Publicidad para el Taller de confecciones textiles?</p> <p>¿De qué manera diseñar e implementar la Configuración Óptima del Sistema Fotovoltaico para el Taller de confecciones textiles?</p>	<p>ESPECÍFICOS</p> <p>•Evaluar el consumo actual de energía eléctrica del taller y analizar los niveles de radiación solar en la región.</p> <p>•Determinar el consumo energético específico de los equipos de iluminación y publicidad.</p> <p>•Diseñar una configuración óptima del sistema fotovoltaico que cubra las necesidades energéticas del taller.</p> <p>•Sensibilizar y educar a la comunidad sobre la importancia de las energías renovables.</p>	<p>ESPECÍFICOS</p> <p>a.El taller de confecciones textiles tiene un patrón de consumo energético que puede ser significativamente reducido mediante la implementación de medidas de eficiencia energética y el uso de energías renovables.</p> <p>b.La radiación solar en Arequipa es suficientemente alta para justificar la implementación de un sistema fotovoltaico como una fuente eficiente y rentable de energía para el taller de confecciones textiles.</p> <p>c.Los equipos de iluminación y publicidad del taller de confecciones textiles representan una porción significativa del consumo total de energía, y su eficiencia puede ser mejorada sustancialmente mediante el uso de un sistema fotovoltaico adaptado a sus necesidades específicas.</p> <p>d.La configuración óptima de un sistema fotovoltaico para el taller de confecciones textiles puede ser diseñada e implementada para satisfacer las necesidades energéticas específicas del taller, resultando en una reducción de costos y un aumento en la sostenibilidad operacional.</p>	<p>Funcionamiento de equipos de iluminación y publicidad</p>	<p>Consumo Energético: Cantidad de energía utilizada por los equipos de iluminación y publicidad, medida en kilovatios-hora (kWh).</p> <p>Horas de Funcionamiento: Tiempo que los equipos de iluminación y publicidad están en uso.</p> <p>Número de Equipos: Cantidad de equipos de iluminación y publicidad en funcionamiento. De</p>	<p>KW: Potencia eléctrica consumida por los equipos.</p> <p>Horas: Tiempo de uso de los equipos.</p> <p>Veces/Horas: Frecuencia de uso de los equipos en un período determinado.</p> <p>• /Horas</p>
---	---	---	--	--	---

Anexo 02. Carta de autorización de taller de confecciones textiles RAPPORTKNITS S.R.L.



IMPORTACION DE MAQUINARIA
DE TEJIDO DE PUNTO

CARTA DE AUTORIZACION

Yo, **WILLIAM HENRY MARTINEZ CARDENAS** identificado con DNI N°. 40490313, como Gerente general de la empresa **RAPPORTKNITS S.R.L** con RUC: 20608978071, autorizo al señor **LUIS WILDER MARTINEZ CARDENAS**, con DNI 29654741, para el uso de figuras, planos, diagramas, fotos, softwares e información de la empresa **RAPPORTKNITS S.R.L** con RUC: 20608978071 para el desarrollo de su tesis titulada : "**IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN Y PUBLICIDAD DE UN TALLER DE CONFECCIONES TEXTILES DE AREQUIPA, 2024**", como Ingeniero Electricista.

Se emite este documento para los fines que el señor **LUIS WILDER MARTINEZ CARDENAS** considere necesarios.

Sin otro particular me despido.

Atentamente,

William H. Martínez Cárdenas

Gerente General

RapportKnits S.R.L.

RUC: 20608978071

www.rapportmaquinarias.com

admin@rapportmaquinarias.com
admin@rapportknits.com

+51 953 711 174

51 54 777345

Calle Tahuantinsuyo 114. Urb. Tupac Amaru,
Cerro Colorado, Arequipa - Perú

RAPPORTMAQUINARIAS