



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SU
INFLUENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL
ALUMBRADO INTERNO DE LA UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
EN EL 2020**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD**

AUTOR

ESPINOZA DE LA GRECCA, LUIS ALBERTO
(ORCID: 0000-0001-9557-0679)

ASESOR

VILCHEZ VILCHEZ, TITO ROBERTO
(ORCID: 0000-0002-2322-0255)

LIMA, PERÚ

2023

Metadatos Complementarios

Datos de autor

Espinoza De La Grecca, Luis Alberto

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI

Número de documento de identidad del AUTOR: 10636234

Datos de asesor

Vílchez Vílchez, Tito Roberto

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI

Número de documento de identidad del ASESOR: 08761632

Datos del jurado

JURADO 1: Landa Rojas, Enrique Alfonso, DNI N°18206878, ORCID 0000-0001-8111-2087

JURADO 2: Yábar Torres, Guisela, DNI N°23962653, ORCID 0000-0001-5454-9187

JURADO 3: Calderón Gutiérrez, María Gabriela, DNI N°09957278, ORCID 0000-0001-7697-749X

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 731207

Código del Programa: 6.04.08

Dedicatoria

A Dios, por toda su bendición, a Gissel, mi amada esposa y a mis hijos Zoe, Giacomo y Catalina, por su apoyo y paciencia.

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	9
Capítulo I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1. Descripción del Problema	10
1.2. Formulación del Problema.....	13
1.2.1. Problema general	13
1.2.2. Problemas específicos.....	13
1.3. Importancia y Justificación del Estudio.....	13
1.4. Delimitación del estudio	17
1.4.1. Delimitación social	17
1.4.2. Delimitación espacial	17
1.4.3. Delimitación temporal	17
1.5. Objetivos de la investigación	18
1.5.1. Objetivo general	18
1.5.2. Objetivos específicos	18
Capítulo II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Marco histórico	19
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	21
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	25
2.4. Definición de términos básicos	36
2.5. Fundamentos teóricos que sustenta el estudio	46
2.6. Hipótesis	52
2.6.1. Hipótesis general	52
2.6.2. Hipótesis específicas.....	52
2.7. Variables	52
Capítulo III. MARCO METODOLÓGICO	52
3.1 Tipo, método y diseño de la investigación.....	53
3.2 Población y muestra.....	53
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54

3.4	Descripción de procedimientos de análisis	55
Capítulo IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		58
4.1.	Descripción del área de estudio	58
4.2.	Resultados	59
4.3.	Análisis de resultados	69
4.4.	Discusión de los resultados	70
Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		72
5.1.	Conclusiones generales	72
5.2.	Conclusiones específicas	72
5.3.	Recomendaciones	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		74
ANEXOS		78
Anexo 1: Matriz de consistencia.....		78
Anexo 2: Matriz de operacionalización		79
Anexo 3: Protocolos o instrumentos utilizados		80
Anexo 4: Formato de protocolos o instrumentos utilizados		84

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 02.1.</i> Tiempo de estancia en la atmosfera de los GEI.....	47
<i>Tabla 02.2.</i> Operacionalización de variables.....	52
<i>Tabla 04.1.</i> Cálculo de consumo de energía eléctrica.....	60
<i>Tabla 04.2.</i> Rango de radiación solar histórica (kWh/m ²) – SENAMHI.....	60
<i>Tabla 04.3.</i> Equivalencia entre las lámparas instaladas y las propuestas.....	61
<i>Tabla 04.4.</i> Precio comparativo de sistemas fotovoltaicos.....	61
<i>Tabla 04.5.</i> Pliego tarifario de electricidad.....	65
<i>Tabla 04.6.</i> Datos para evaluar la rentabilidad del proyecto.....	67
<i>Tabla 04.7.</i> Flujo de caja.....	67
<i>Tabla 04.8.</i> Resultados de las variables económicas.....	68
<i>Tabla 04.9.</i> Factores de emisión de kgCO ₂	68
<i>Tabla 04.10.</i> Cantidad de emisiones de kgCO ₂	69

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01.1.</i> Iluminación del área de estacionamiento interno de la universidad.....	12
<i>Figura 01.2.</i> Mapa potencial eléctrico fotovoltaico del Perú.....	14
<i>Figura 01.3.</i> Mapa potencial eléctrico fotovoltaico de Alemania.....	15
<i>Figura 01.4.</i> Producción de energía con recursos energéticos renovables (RER) 2019.....	16
<i>Figura 02.1.</i> Países firmantes del Protocolo de Kioto.....	20
<i>Figura 02.2.</i> Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	32
<i>Figura 02.3.</i> Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante.....	32
<i>Figura 02.4.</i> Objetivo 13: Acción por el clima.....	34
<i>Figura 02.5.</i> Etiqueta de Eficiencia Energética y sus beneficios.....	38
<i>Figura 02.6.</i> Radiación solar en superficie terrestre.....	40
<i>Figura 02.7.</i> Componentes de un sistema fotovoltaico.....	44
<i>Figura 02.8.</i> Mapa de radiación solar en el Perú.....	46
<i>Figura 02.9.</i> La contaminación del aire en América Latina.....	47
<i>Figura 02.10.</i> Poste solar.....	50
<i>Figura 02.11.</i> Proyecto Sol de Trujillo.....	51
<i>Figura 02.12.</i> Plaza de Armas de Iñapari.....	51
<i>Figura 03.1.</i> Diagrama de flujo.....	56
<i>Figura 04.1.</i> Distribución del alumbrado en el área de estacionamiento interno de la URP.....	58
<i>Figura 04.2.</i> Poste de alumbrado tipo corona de cuatro luminarias.....	59
<i>Figura 04.3.</i> Poste Solar Bridgelux LED 40W.....	62
<i>Figura 04.4.</i> Ficha técnica del Poste Solar Bridgelux LED 40W.....	62
<i>Figura 04.5.</i> Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips.....	63
<i>Figura 04.6.</i> Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips.....	63
<i>Figura 05.1.</i> Ubicación de la Universidad Ricardo Palma.....	80
<i>Figura 05.2.</i> Planimetría de la Universidad Ricardo Palma.....	81
<i>Figura 05.3.</i> Ficha técnica de la Luminaria CONTEMPO L.....	82
<i>Figura 05.4.</i> Ficha técnica de la Luminaria CONTEMPO L.....	83
<i>Figura 05.5.</i> Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips.....	84
<i>Figura 05.6.</i> Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips.....	85
<i>Figura 05.7.</i> Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips.....	86
<i>Figura 05.8.</i> Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips.....	87
<i>Figura 05.9.</i> Radiación Solar en el área del estacionamiento interno Universidad Ricardo Palma.....	88
<i>Figura 05.10.</i> Tabla de equivalencias entre los distintos sistemas de iluminación.....	89

RESUMEN

La presente tesis propone evaluar y justificar técnica, económica y ambientalmente la implementación de un sistema de alumbrado en base a paneles solares fotovoltaicos, que cumplan con las condiciones estipuladas en la normativa vigente y que permitan disminuir el pago excesivo del consumo de energía eléctrica, manteniendo la eficiencia energética en el área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma del distrito de Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima.

Se analizaron las características físico ambientales, con la finalidad de promover el uso de la energía fotovoltaica, disminuir el impacto ambiental negativo producido por las energías convencionales, disminuyendo así la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂.

Los resultados demostraron que la implementación de un sistema de alumbrado en base a paneles solares fotovoltaicos, es viable económica, técnica, normativa y ambientalmente.

Palabras clave: Paneles solares fotovoltaicos, consumo de energía eléctrica, eficiencia energética, energía fotovoltaica, gases de efecto invernadero, CO₂, viabilidad económica.

ABSTRACT

This thesis proposes to evaluate and justify technically, economically and environmentally the implementation of a lighting system based on photovoltaic solar panels, which comply with the conditions stipulated in current regulations and which allow reducing the excessive payment of electricity consumption, maintaining energy efficiency in the internal parking area of the Ricardo Palma University in the district of Santiago de Surco, province and department of Lima.

The physical environmental characteristics were analyzed in order to promote the use of photovoltaic energy, reduce the negative environmental impact produced by conventional energies, thus reducing the emission of greenhouse gases such as CO₂.

The results showed that the implementation of a lighting system based on photovoltaic solar panels is economically, technically, normatively and environmentally viable.

Keywords: Photovoltaic solar panels, electrical energy consumption, energy efficiency, photovoltaic energy, greenhouse gases, CO₂, economic feasibility.

INTRODUCCIÓN

El Perú ocupa uno de los primeros lugares en tener altos índices de radiación solar debido a su proximidad a la zona ecuatorial, por este motivo se debe aprovechar el potencial solar para generar energía eléctrica a través de la energía solar fotovoltaica.

El alumbrado público a través de la implementación de paneles solares fotovoltaicos es un servicio eficiente, ya que el ahorro en el pago del servicio de energía eléctrica permite cubrir los gastos iniciales de inversión a mediano y largo plazo. Además, los gastos de mantenimiento son mínimos.

Tomando en cuenta el surgimiento de las nuevas tecnologías en el ámbito de la iluminación para espacios públicos, surge la necesidad de aplicar los conocimientos en iluminación, para poder efectuar una propuesta de un sistema de alumbrado para el área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en base a paneles solares fotovoltaicos, que cumplan con las condiciones estipuladas en la normativa vigente y que permitan disminuir el pago excesivo del consumo de energía eléctrica.

En el ámbito nacional, el uso de la energía fotovoltaica para el alumbrado público es una aplicación poco común, sin embargo existen casos interesantes de aplicaciones a nivel internacional de esta iniciativa, como en el caso de México, donde se han desarrollado estudios y proyectos aplicando la energía fotovoltaica para la iluminación de espacios públicos en la Universidad Nacional Autónoma de México y en España se tiene el proyecto del estacionamiento sustentable para energizar el edificio de docencia de la Universidad Tecnológica de Salamanca, por mencionar algunos casos.

En el primer capítulo, se describe la realidad problemática, los objetivos, importancia y justificación del estudio. En el segundo capítulo se presenta el marco teórico, donde se muestran los antecedentes y la teoría relacionada con los sistemas fotovoltaicos, definición de términos básicos y las hipótesis del estudio. En el tercer capítulo, se explica el marco metodológico, en el cual se describe el tipo de investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y análisis. En el cuarto capítulo comprenden los resultados y análisis de los resultados, en base a los objetivos planteados. En el capítulo final se presentan las conclusiones y recomendaciones, con el fin de dejar lo más claro posible el objetivo final del estudio, dando observaciones de lo fundamental a evaluar y resultado final. Se utilizaron técnicas de investigación del enfoque cuantitativo.

Capítulo I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

El impacto ambiental de la generación de energía eléctrica se ha vuelto un tema fundamental en los últimos años, debido a la creciente preocupación por los gases de efecto invernadero (de ahora en adelante GEI) asociados a las diferentes fuentes de generación. Entre las medidas que se han venido desarrollando para disminuir este impacto, se encuentran el empleo de energías renovables con menores emisiones de GEI, específicamente dióxido de carbono (CO₂) que representa alrededor del 80% del total de las emisiones de GEI en el planeta y una reducción del consumo energético en las industrias y hogares, que involucra una serie de medidas de eficiencia energética.

El Perú ha planteado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en el marco del Acuerdo de París, una Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (iNDC, por sus siglas en inglés) que contempla una reducción del 30% respecto a las emisiones de GEI proyectadas para el año 2030 a través de diferentes medidas. Entre ellas se encuentran una combinación de energías renovables para la matriz energética, que permitiría reducir 2,101 MtCO_{2eq} al 2030 y el reemplazo de luminarias en alumbrado público, que permitirían reducir 0.188 MtCO_{2eq} al 2030. (Ministerio del Ambiente, 2016, pág. 5)

En ese sentido, las diferentes entidades gubernamentales, no gubernamentales y la sociedad civil deben unir esfuerzos para lograr este objetivo nacional planteado.

El alumbrado público a través de la implementación de paneles solares fotovoltaicos es un servicio eficiente, ya que el ahorro en el pago del servicio de energía eléctrica permite cubrir los gastos iniciales de inversión a mediano y largo plazo. Además, los gastos de mantenimiento son mínimos.

Existen casos interesantes de aplicaciones a nivel internacional de esta iniciativa, como en el caso de México, donde se han desarrollado estudios y proyectos aplicando la energía fotovoltaica para la iluminación de espacios públicos en la Universidad Nacional Autónoma de México, la instalación del

primer estacionamiento solar de México en julio del 2011, a cargo de la empresa Schneider Electric, con una capacidad de 56W, ayudando a mitigar 44 toneladas de CO₂ anualmente. Por otro lado, en España se tiene el proyecto del estacionamiento sustentable para energizar el edificio de docencia de la Universidad Tecnológica de Salamanca, y la planta fotovoltaica del Centro de Tecnología Química de la Universidad de Alicante que permite generar 61.5 MWh/año y ahorrar una emisión de 31.2 toneladas de CO₂ por año, por mencionar algunos casos.

En el ámbito nacional, el uso de la energía fotovoltaica para el alumbrado público es una aplicación poco común, pudiendo rescatar los siguientes ejemplos:

- a. El parque Raúl Porras Barrenechea, remodelado en el 2011, por la Municipalidad de Miraflores (Lima) es abastecido con energía solar, cuenta con seis luminarias LED de mil vatios. Cada luminaria solar del parque cuenta con una batería que almacena la energía para su funcionamiento durante la noche, además de una fotocélula que identifica la oscuridad. Esto permite que a la llegada de la noche el parque automáticamente prenda sus luces sin necesidad de un suministro de corriente eléctrica.
- b. La Municipalidad de Máncora (Piura) en septiembre del 2016, adquirió seis paneles de 60 Watts de potencia unitaria, para la iluminación del Parque de la Dignidad y el Parque 6 de febrero. Cada tres meses, estos paneles reciben mantenimiento y cada tres años se les debe cambiar las baterías.
- c. El Colegio San José (Arequipa) cuenta con más de 30 paneles solares que proporcionan energía para el funcionamiento de la institución educativa y para la residencia de la congregación Jesuita que tiene a su cargo la administración de la entidad.
- d. La iluminación del cerco perimetral de la Escuela de Oficiales de la Policía del Perú (Lima), el cual consta de aproximadamente 40 postes solares que captan la energía del sol generando electricidad gracias a su panel fotovoltaico para almacenarla en su batería y durante la noche encender de manera automática una luminaria LED.

Tomando en cuenta el surgimiento de las nuevas tecnologías en el ámbito de la iluminación para espacios públicos, surge la necesidad de aplicar los conocimientos en iluminación, para poder efectuar una propuesta de un sistema de alumbrado para el área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en base a paneles solares fotovoltaicos, que cumplan con las condiciones estipuladas en la normativa vigente y que permitan disminuir el pago excesivo del consumo de energía eléctrica.

El actual sistema de alumbrado del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma cuenta con seis postes con cuatro luminarias cada uno, luminarias modelo Contempo L de la marca Philips, las cuales requieren de un periódico y constante mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, lo que genera gastos económicos debido a su antigüedad y baja eficiencia.

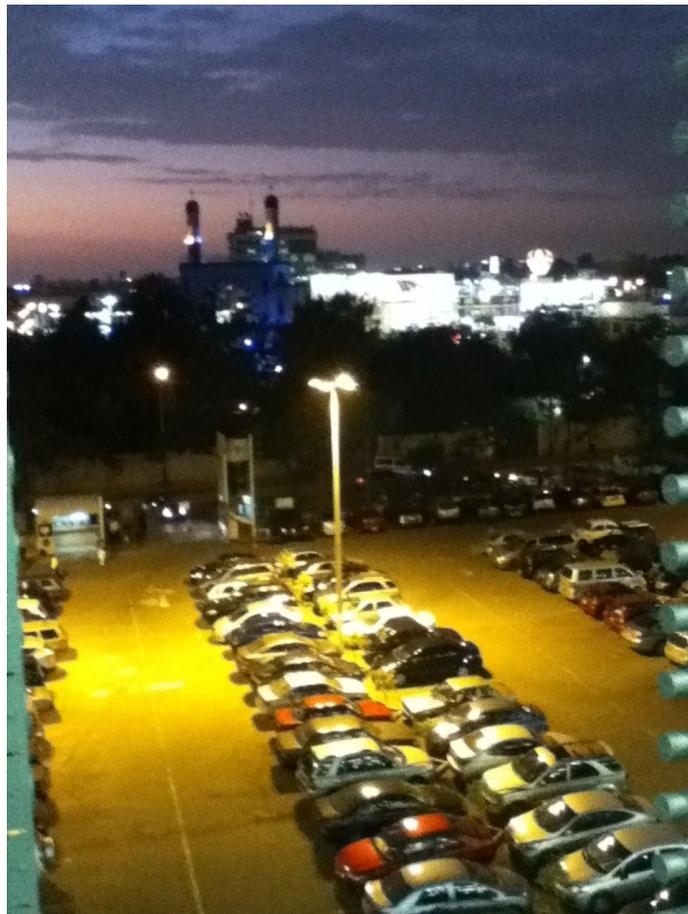


Figura 01.1. Iluminación del área de estacionamiento interno de la universidad

Fuente: <https://es.foursquare.com/v/universidad-ricardo-palma>

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida la implementación de un sistema fotovoltaico influye en la eficiencia energética del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020?

1.2.2. Problemas específicos

Problema específico 1

¿En qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en el consumo de energía del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020?

Problema específico 2

¿En qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020?

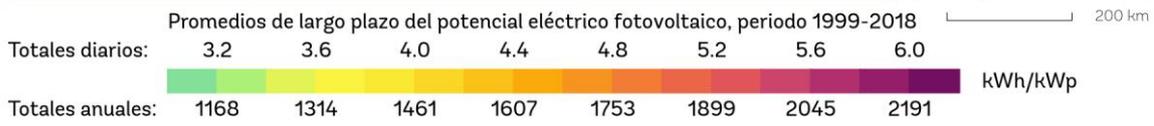
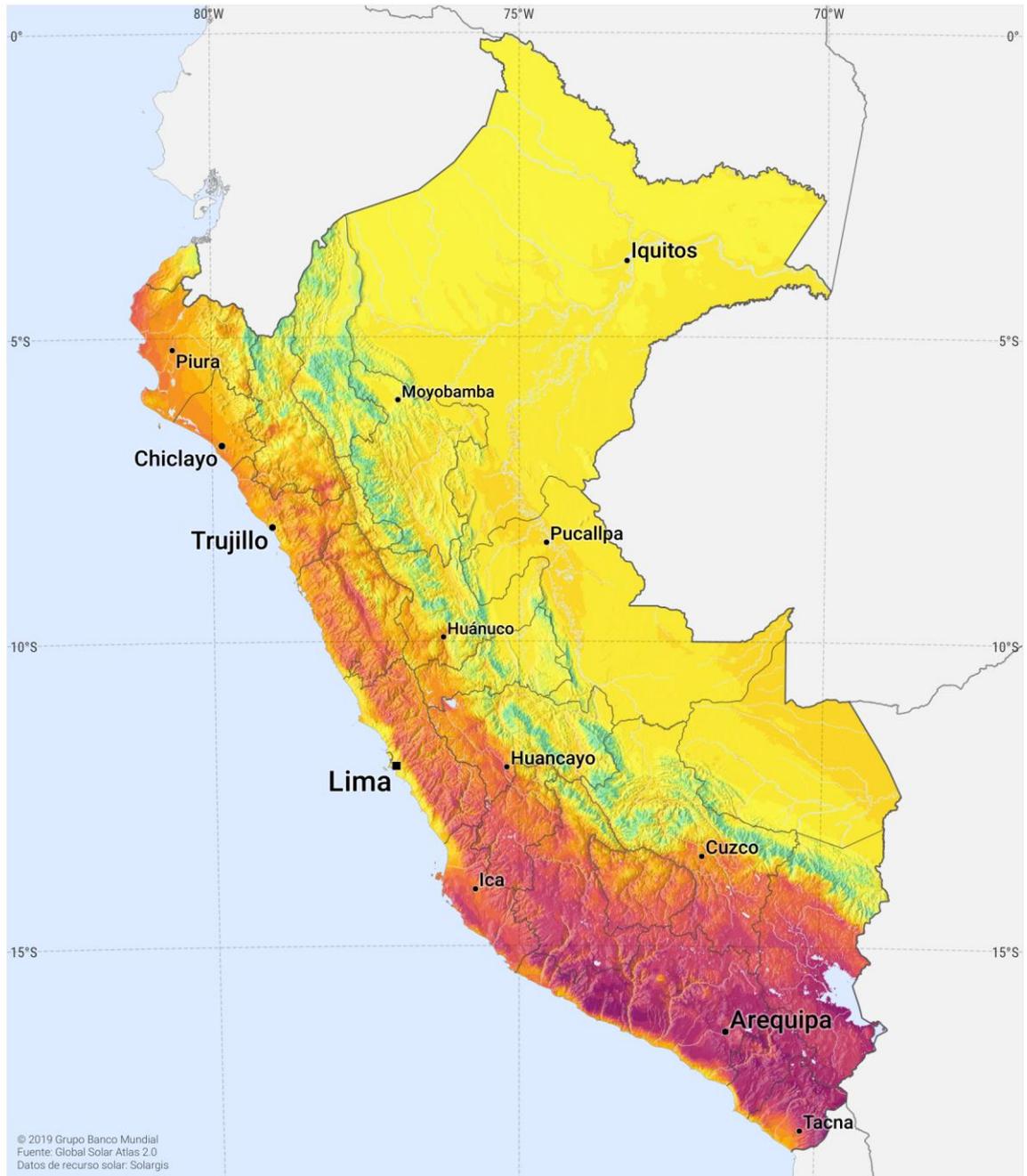
Problema específico 3

¿En qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en el ahorro económico del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020?

1.3. Importancia y Justificación del Estudio

Debido a las condiciones geográficas favorables que se encuentra el Perú, la energía fotovoltaica resulta viable ya que el índice de incidencia del sol es bueno. Particularmente en la ciudad de Lima hay mayor incidencia de irradiación (SENAMHI - MEM, 2003, pág. 20) facilitando la utilización de sistemas fotovoltaicos para proveer energía.

POTENCIAL ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO PERÚ



Este mapa está publicado por el Grupo Banco Mundial, financiado por ESMAP, y preparado por Solargis. Para más información y términos de uso, por favor visite <http://globalsolaratlas.info>.

Figura 01.2. Mapa potencial eléctrico fotovoltaico del Perú

Fuente: <https://globalsolaratlas.info/download?c=-12.082296,-77.151489,10>

Tal como se aprecia en la Figura 03, Alemania, donde la radiación solar máxima diaria es de 3.4 kWh/m², un poco más de la mitad de la existente en Arequipa, están volcados a estas energías renovables desde mucho tiempo atrás.

A pesar de que cuenta con mucho menos recurso solar que Italia, España o Portugal, sin embargo, produce con sistemas fotovoltaicos mucha más electricidad que estos países, quintuplicando la producción de electricidad de origen fotovoltaico de España.

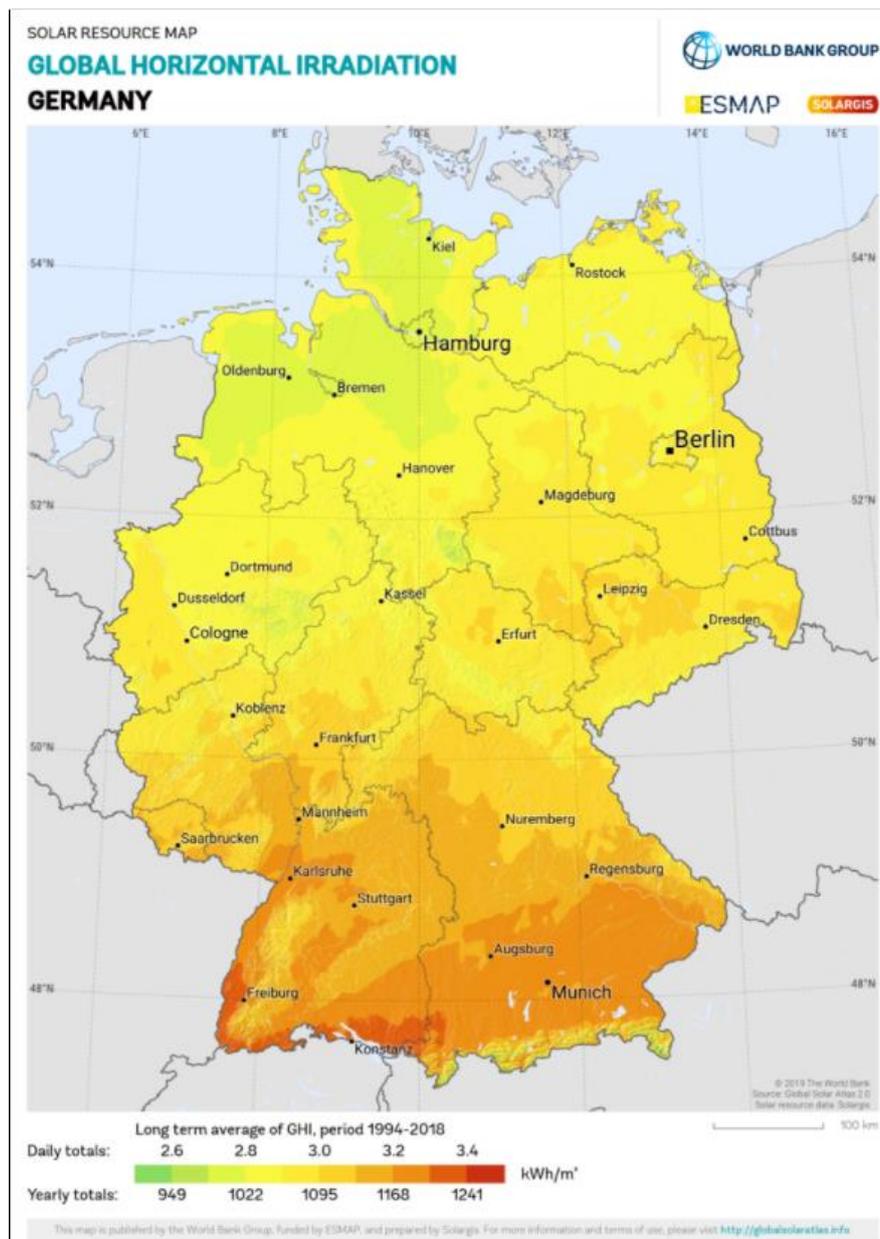
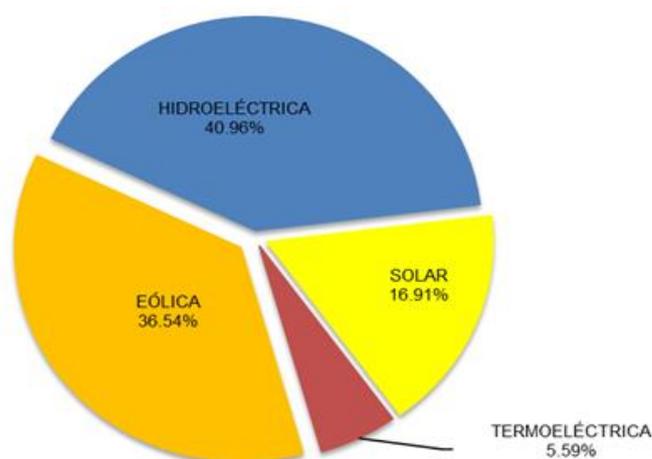


Figura 01.3. Mapa potencial eléctrico fotovoltaico de Alemania

Fuente: <https://globalsolaratlas.info>

Durante el año 2019, la generación hidroeléctrica tuvo la mayor participación en el abastecimiento de la demanda de energía, con un 40.96 %, como se puede apreciar en la Figura 1. En forma complementaria, la participación de la energía eólica fue de 36.54% y de la energía la solar con 16.91% del total producido. (COES, 2019).



TOTAL RER = 4504.94 GWh

Figura 01.4. Producción de energía con recursos energéticos renovables (RER) 2019

Fuente: (COES, 2019)

El crecimiento poblacional y la falta de concientización en el cuidado del ambiente, ha conducido a la búsqueda de energías alternativas. Una de este tipo de energías es la denominada energía solar fotovoltaica, la cual está teniendo una creciente acogida por la sociedad en la actualidad, puesto que su costo ha bajado y su eficiencia se ha incrementado.

Por otro lado, el consumo de energía que actualmente tiene la Universidad Ricardo Palma se ha incrementado notablemente debido al mismo crecimiento de la población estudiantil, periodo tras periodo. La implementación de un estudio de ahorro energético es urgente para que los costos por consumo no se incrementen más y de esta manera se pueda generar ahorro económico en la universidad.

Esta investigación se justifica al observar un gasto mensual significativo, debido al gran consumo eléctrico de la universidad por temas de alumbrado público, el cual podría ser destinado a proyectos de otro tipo optimizando la gestión de los recursos de dicha universidad. Asimismo, la implementación del sistema de alumbrado público con paneles fotovoltaicos lograría otorgar un valor agregado al plantel en términos de sostenibilidad en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente el Objetivo 7, “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos” y el Objetivo 13, “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”.

Por esto, se propone realizar un análisis de la implementación de un sistema fotovoltaico, que permita tener un menor impacto ambiental para suplir una necesidad básica, disminuyendo, a futuro, el gasto que por este concepto destina la universidad. Este análisis tendrá en cuenta factores técnicos, económicos, ambientales y normativos, aliviando en gran parte la demanda de energía necesaria y contribuyendo a reducir el gasto económico y las emisiones de GEI, aportando además información que puede llegar a ser muy útil para futuras implementaciones en áreas públicas.

1.4. Delimitación del estudio

1.4.1. Delimitación social

Alumbrado del estacionamiento interno

1.4.2. Delimitación espacial

Universidad Ricardo Palma, en el distrito de Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima.

1.4.3. Delimitación temporal

Enero a diciembre de 2020.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la implementación de un sistema fotovoltaico influye en la eficiencia energética del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

1.5.2. Objetivos específicos

Objetivo específico 1

Determinar en qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en el consumo de energía del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

Objetivo específico 2

Determinar en qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

Objetivo específico 3

Determinar en qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en el ahorro económico del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. Sus estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 65)

En 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1%. La primera celda solar fue construida utilizando como semiconductor el Selenio con una muy delgada capa de oro. Debido a su alto costo, esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. (Energiza, 2018)

En 1921 Albert Einstein gana el Premio Nobel por sus teorías explicativas sobre el efectivo fotoeléctrico.

La primera utilización práctica de la generación de energía con celdas fotovoltaicas fue en los dos primeros satélites geoestacionarios de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y los Estados Unidos (EE. UU).

La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y los EE. UU. lo lanzó un año después. Los avances logrados con la celda de silicio en 1954 contribuyeron a la producción comercial, lográndose una eficiencia del 6%.

Fue un desarrollo de gran importancia que estimuló la investigación buscando paneles cada vez más eficientes. El primer mercado de los paneles fotovoltaicos fue entonces dirigido al sector aeroespacial.

Más adelante, en 1963 se instala en Japón un sistema fotovoltaico de 242 W en un faro, y en 1973 la Universidad de Delaware construye “Solar One”, una de las primeras viviendas con energía solar fotovoltaica. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 65)

Por otro lado, la iluminación pública se mostró como un mercado capaz de mantener la actividad de muchas industrias durante los 80 por cuanto esa aplicación era ya entonces competitiva con la ejecución del tendido eléctrico soterrado. Otras de las aplicaciones iniciales fueron la electrificación rural en asentamientos remotos para ayudar a un tercio de la población mundial a disponer

de una modesta cantidad de iluminación y comunicaciones. La mayoría eran instalaciones muy pequeñas, del orden de 10 a 40 W, es decir, unas 100 veces menor que lo requerido en una casa media en el mundo desarrollado. La mayoría de estas instalaciones fueron financiadas por agencias internacionales de ayuda. (Grupo de Nuevas Actividades Profesionales, 2002, pág. 4)

En Europa y Japón este mercado empezó a crecer rápidamente gracias a la adopción de importantes ayudas gubernamentales, en forma de tarifas especiales de producción. Así, la instalación de medianas y grandes plantas fotovoltaicas conectadas a la red está siendo explosiva en estos países.

Otro importante campo de aplicación de la energía solar fotovoltaica al final de los años 90 es la integración de los módulos fotovoltaicos en los edificios, ya sea colocados en ventanas, fachadas, áreas públicas, etc. (Grupo de Nuevas Actividades Profesionales, 2002, pág. 5)

El cambio climático es uno de los problemas más importantes por lo que está atravesando el planeta y tiene como causa principal al efecto invernadero ocasionado por la quema de combustibles fósiles como es el petróleo y el carbón. Con el fin de disminuir los efectos del cambio climático y sus consecuencias en el ambiente, la comunidad internacional ha firmado diversos acuerdos internacionales a través del tiempo. Entre los más importantes se encuentran el Protocolo de Kioto (1997), el Acuerdo de Copenhague (2009), la Plataforma de Durban (2011) y el Acuerdo de París (2015).

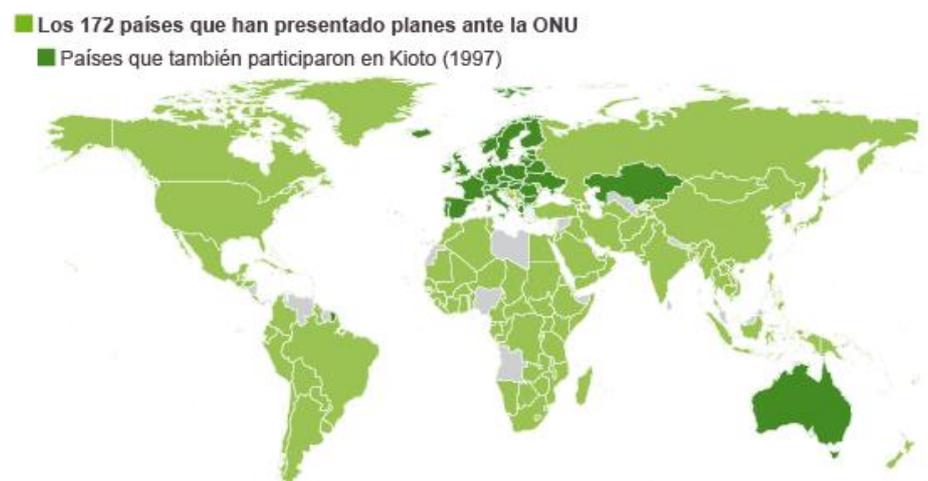


Figura 02.1. Países firmantes del Protocolo de Kioto

Fuente: ONU

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

Para la viabilidad del presente estudio, se recurrió a información confiable de trabajos de generación de energía eléctrica con módulos fotovoltaicos en el Perú y el mundo, obteniendo la siguiente información:

2.2.1. Iluminación LED mediante energía solar. (Parrales Pincay, 2020)

En la tesis para obtener el título profesional de Ingeniería en Computación y Redes, realizada en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (Manabí - Ecuador), titulada: *“Estudio de factibilidad del sistema de iluminación LED mediante energía solar para la renovación del área deportiva universitaria y de la carrera de ingeniería en computación y redes de la Universidad Estatal del Sur de Manabí”*, se estudió los aspectos climáticos, características de las lámparas y el sistema fotovoltaico y su ubicación. La factibilidad económica permitió conocer la inversión financiera de las luminarias, detallando el costo de cada componente. Con respecto a la factibilidad operativa, se diseñó la estructura final de las lámparas, componentes del sistema de iluminación, programación y ubicación final. En conjunto estas tres fases permitieron determinar que el lugar de ubicación es idóneo para captar y aprovechar la luz solar para el sistema de iluminación, favoreciendo las actividades académicas y de seguridad.

Se identificaron los principales problemas de iluminación de los cuales en un 28% se debe a bombillas fuera de su vida útil, 22% falta de mantenimiento, en igual manera el 21% bombillas en mal estado y sistema eléctrico en mal estado, el 8% inconvenientes en el fluido eléctrico.

Los principales beneficios de la utilización de lámparas LED mediante tecnología fotovoltaica se evidenciaron en un 50% eficacia luminosa, 22% alta resistencia a golpes y vibraciones, el 14% vida útil y el 13% genera poco calor.

Se desarrolló el diseño del sistema de iluminación LED, iniciando la primera fase con el análisis de las características técnicas del sistema de iluminación para su ubicación, continuando con la segunda fase con el

análisis económico y finalmente la tercera fase operativa para dar a conocer el funcionamiento básico de las luminarias. El conocimiento obtenido en cada fase fue favorable para dar apertura al proceso de implementación.

2.2.2. Instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo. (Ayala Gilardón, 2019)

En la tesis para obtener el título de Doctor en Ingeniería Mecánica y Eficiencia Energética, realizada en la Universidad de Málaga (Málaga - España), titulada: “*Modelos para la evaluación y optimización de instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo*”, se estudió las estrategias que permiten conocer y optimizar el consumo energético en viviendas con instalación fotovoltaica de autoconsumo, en función del perfil de consumo de la vivienda y la ubicación de la misma, proponiendo un modelo para estimar la autosuficiencia esperada de una instalación fotovoltaica de autoconsumo en función de los parámetros de la instalación como son la potencia pico y la capacidad de la batería, del tipo de consumo y del emplazamiento. Un análisis del autoconsumo y la autosuficiencia para instalaciones fotovoltaicas de pequeño y medio tamaño puede ayudar al mejor diseño y funcionamiento de este tipo de instalaciones, gracias a la detección de las mejores configuraciones en función de los perfiles de consumo y las condiciones climáticas del emplazamiento de la instalación.

2.2.3. Análisis para la dotación de energía fotovoltaica. (Barboza Cueva, 2019)

En la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, realizada en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (Lambayeque – Perú), titulada: “*Análisis para la dotación de energía fotovoltaica para autoconsumo de la Institución Educativa Cristo Rey – Chiclayo - 2019*”, se estudió la implementación de un sistema fotovoltaico para la institución educativa, con la finalidad de promover el uso de las energías no convencionales (energía solar), disminuir el impacto ambiental negativo producido por las energías convencionales, asimismo disminuir

la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂.

Se calculo la energía promedio diaria que necesita la institución educativa el cual fue de 145057.50 Wh/día; y su máxima demanda fue de 27630 W. Se determino la radiación solar considerando el valor más crítico del mes de acuerdo a 02 software o programas de cálculo de radiación. Se diseño el sistema fotovoltaico conformado por 36 paneles solares de la marca Jinko Solar de 320 Wp de potencia pico cada uno, 01 inversor Symo 10.03 de la marca Fronius y se calculó el presupuesto de inversión del proyecto basándose en precios reales del mercado el cual fue de 61,500.00 nuevos soles.

Concluyendo que el sistema fotovoltaico es una buena alternativa de generación de energía eléctrica, esto debido a que no contamina el medio ambiente, además de no generar CO₂, recomendando considerar la radiación solar mínima del lugar en donde se desea implementar un sistema fotovoltaico para así poder satisfacer la demanda de consumo de energía eléctrica, tener en cuenta que no debe haber ningún obstáculo que haga sombra sobre los paneles fotovoltaicos, mantener limpia la parte expuesta a los rayos solares de los paneles fotovoltaicos, y así obtener una buena captación de radiación solar y realizar una limpieza mensual a los paneles solares fotovoltaicos o después de algún fenómeno imprevisto por la naturaleza.

2.2.4. Energía solar para el suministro de energía eléctrica y mejora de la eficiencia energética. (Reyes Angeles, 2019)

En la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Gestión Ambiental, realizada en la Universidad ESAN (Lima – Perú), titulada: *“Propuesta de uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica y mejora de la eficiencia energética en la Universidad ESAN”*, se estudió el uso del sistema fotovoltaico para generación de energía eléctrica del edificio D de la Universidad ESAN, estimando la cantidad de CO_{2eq} generadas por los equipos en cada piso, evaluando la eficiencia energética antes y después propuesta del uso del sistema fotovoltaico.

La metodología usada fue el de monitoreo de parámetros meteorológicos, auditorías energéticas y encuestas a usuarios (profesores, alumnos y trabajadores) del edificio D, indicando que el aire acondicionado y las luminarias son los equipos que más consumen energía eléctrica.

Se propuso la cantidad de 155 paneles solares, 374 baterías, 2 reguladores y 79 inversores, los cuales cubren el 18.6% de la energía eléctrica demandada por el edificio D.

Como medida para la mejora de la eficiencia energética se propone el cambio de los equipos de aire acondicionado por otros más eficientes y las luminarias fluorescentes por LED. Proponiendo, además el uso de sensores de movimiento para el encendido automático de luminarias en los baños y en las escaleras de emergencia, logrando con estas recomendaciones mejorar la eficiencia energética de la Universidad ESAN.

Si bien la universidad ahorra dinero por el uso del sistema fotovoltaico y por mejoras de eficiencia energética, esto no es suficiente para tener un VAN positivo que sea atractivo para la inversión e implementación del proyecto. Sin embargo, se sabe que con el paso de los años la tecnología fotovoltaica va mejorando en eficiencia y se va haciendo más competitiva, disminuyendo en un futuro los precios.

Finalmente, el proyecto del sistema fotovoltaico es viable ambientalmente, ya que se disminuiría sustancialmente las emisiones de CO_{2eq} a la atmosfera, contribuyendo a la mitigación del cambio climático, siendo el inicio de la Política Ambiental Institucional mejorando la responsabilidad social universitaria, así como la imagen institucional.

2.2.5. Sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica. (Cruceira Fueltan, 2019)

En la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, realizada en la Universidad Técnica del Norte (Ibarra – Ecuador), titulada: *“Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica en el edificio de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Técnica del Norte”*, se estudió la propuesta de implementar un sistema fotovoltaico con conexión a red, ya que no se utilizan bancos de baterías y la energía que se produce durante las horas de insolación se dirigen directamente a la carga. No contar con un sistema de almacenamiento aporta a la disminución de gastos de inversión, recomendando que para la selección de los equipos se tenga como preferencia la relación costo – beneficio, ya que por la utilización de equipos de menor costo se arriesgara en el funcionamiento del sistema, teniendo a futuro una instalación deficiente, por lo que una correcta inversión inicial garantizara el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico integrado a la red eléctrica.

La implementación de sistemas fotovoltaicos integrados a la red eléctrica requiere un análisis de las diferentes tecnologías para la generación solar fotovoltaica, como son energía consumida, radiación solar, conexión de paneles, caída de tensión, entre otros conceptos.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1. Aspectos Económicos

Actualmente la producción de energía eléctrica está cambiando a nivel mundial y en algunos países se genera ya más de 30% de la electricidad de fuentes renovables no convencionales. Sin bien el uso de las energías renovables no son económicas en lo que respecta a su instalación y puesta en marcha, ya que generan una mayor inversión inicial, esta se compensa con el transcurrir de los años, ya que la inversión a través del tiempo solo es por el concepto de mantenimiento, además en vista de los aumentos de

las tarifas de electricidad, cada vez más se hace atractivo usar paneles solares u otras fuentes no convencionales.

- a. Una investigación de 2015 llegó a la conclusión que para el año 2025 en países de buena radiación, producir electricidad de la energía solar fotovoltaica será más barata que la del gas o carbón. (Fraunhofer ISE, 2015, pág. 20)
- b. Para la generación a gran escala, Carbon Tracker, un grupo de especialistas financieros, indica que la energía renovable ya es la más barata en 2016, si se considera todos los costes que ocurren durante la vida de las plantas (LCOE – Levelized Costs of Energy) (Carbon Tracker, 2016, pág. 23).
- c. La agencia de desarrollo de Gran Bretaña Crown Agents, en su último reporte llamado The Solar Revolution, indica que el año 2018 será el punto global de inflexión para la energía solar a causa de precios más accesibles y mejoramientos de las tecnologías. (Crown Agents, 2017, pág. 2)

Esta reducción de costos fue confirmada en el Perú luego de los resultados de la cuarta subasta de energías renovables adjudicada en febrero 2016. El precio de la energía de 47.98 US\$ por cada MWh para un parque solar de 144MW fue un récord para Latinoamérica, siendo este un precio comparable al producido por las centrales hidráulicas. (Delta Volt, 2018)

Una buena gestión de ahorro energético puede llegar a conseguir ahorros considerables, debido a que, si disminuye el consumo energético, disminuye los gastos por consumo de energía.

En lo referido a potenciales beneficios socioeconómicos, la energía solar fotovoltaica posee un tiempo de vida largo, requiere de poco mantenimiento, y es permeable y resistente a todo tipo de circunstancias climáticas de temperatura, viento y humedad.

2.3.2. Aspectos Técnicos

Una característica primordial de la energía solar es su capacidad para adecuarse a proyectos de mediana y pequeña envergadura para usuarios individuales. Por ejemplo, en ámbitos urbanos se pueden desarrollar instalaciones fotovoltaicas que se integren a grandes edificaciones expuestas como estacionamientos, fábricas, industrias, universidades, entre otros. (Fernández Salgado, 2009, pág. 108)

La energía solar se puede transformar directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas. Este proceso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores; de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica. (Grupo de Nuevas Actividades Profesionales, 2002, pág. 2)

Un módulo fotovoltaico, está constituido por varias células fotovoltaicas conectadas entre sí y alojadas en un mismo marco. Las células fotovoltaicas se conectan en serie, en paralelo o en serie-paralelo, en función de los valores de tensión e intensidad deseados, formando los módulos fotovoltaicos. (Fernández Salgado, 2009, pág. 108)

Las instalaciones fotovoltaicas se caracterizan por:

- a. Su simplicidad y fácil instalación
- b. Ser modulares
- c. Tener una larga duración (la vida útil de los módulos fotovoltaicos es superior a 30 años)
- d. No requerir gran mantenimiento
- e. Tener una elevada fiabilidad
- f. Tener impactos ambientales mínimos.
- g. Tener un funcionamiento totalmente silencioso.

Un panel fotovoltaico produce electricidad en corriente continua y sus parámetros característicos (intensidad y tensión) varían con la radiación solar que incide sobre las células y con la temperatura ambiente. La electricidad generada con energía solar fotovoltaica se puede transformar

en corriente alterna, con las mismas características que la electricidad de la red eléctrica, utilizando inversores. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 64)

Los módulos fotovoltaicos, siempre y cuando les llegue radiación solar, generan electricidad durante todo el año, ya que estos generan electricidad a partir de la radiación solar, no del calor. En verano, debido al mayor número de horas de sol (radiación solar) existe la posibilidad de generar mayor electricidad.

La producción de electricidad, en los días nublado se reduce proporcionalmente a la disminución de la intensidad de la radiación solar. Sin embargo, al igual que la mayoría de los dispositivos electrónicos, estos módulos funcionan eficientemente a baja temperatura. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 64)

Tiene bajo mantenimiento y de carácter provisorio, ya que, al no tener piezas móviles sometidas a desgaste, no requiere lubricación, ni cambio de estas, por lo que se considera recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones para asegurar el correcto funcionamiento de todos sus componentes, asegurando que ningún obstáculo les haga sombra a los módulos, mantener limpios los paneles y revisando el funcionamiento de las baterías.

Lo energía que se deja de generar o “pérdidas” debido a la suciedad de los paneles puede ser un 5% y se pueden evitar con una correcta limpieza sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 65)

Las luminarias propuestas, serían tipo LED, ya que cuentan con alta eficiencia en iluminación, bajo consumo energético, vida útil de hasta 50,000 horas (10 veces mayor tiempo de vida útil que una luz convencional), alta calidad en la luz, bajo costo de mantenimiento, versatilidad de voltaje de alimentación, adaptabilidad en el cableado de instalación, bajas pérdidas por calor, mayor resistencia térmica y mecánica al impacto, respuesta rápida, además de que ofrece protección al medio ambiente.

El mayor beneficio de implementar un sistema de iluminación tipo LED en el área del estacionamiento interno, es tener un bajo

mantenimiento ya que la depreciación luminosa en una luminaria LED es muy baja debido al diseño hermético con la que son producidas estas luminarias, también se contará con una alta calidad de iluminación, apoyando al ahorro de energía eléctrica por medio de este sistema, ya que una luminaria LED reduce aproximadamente en un 40% el consumo energético ofreciendo las mismas condiciones de iluminancia necesarias.

2.3.3. Aspectos Normativos

De acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica de Edificación: EM.080 Instalaciones con Energía Solar publicada en el Diario Oficial El Peruano el 11 de junio de 2006, en el aprovechamiento de la energía solar está contemplada la adopción de las nuevas tecnologías para optimizar su uso, a través de la transformación a otras formas de energía, tales como la del suministro eléctrico, como una forma de economizar energía y contribuir a disminuir la contaminación ambiental.

Uno de los principales objetivos de la Política Energética Nacional 2010-2040, aprobada mediante Decreto Supremo 064-2010-EM, publicada en el Diario Oficial El Peruano el 24 de noviembre del 2010, es contar con una matriz energética diversificada, con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia para desarrollar un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de desarrollo sostenible.

Por otro lado, el Decreto Legislativo N° 1002, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 02 de mayo del 2008, declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de una nueva generación eléctrica mediante recursos renovables y establece incentivos para la promoción de proyectos de Recursos Energéticos Renovables (RER), tales como las tarifas estables a largo plazo determinadas mediante subastas, compra de toda la energía producida, entre otros.

Con el objetivo de promover el desarrollo de nuevos proyectos RER, el Decreto Legislativo N° 1002 establece que cada cinco años el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) determinará un porcentaje objetivo de participación RER dentro de la matriz eléctrica del país. De igual forma,

establece el procedimiento administrativo para anunciar las subastas de energías renovables y adjudicar concesiones para el desarrollo de la generación de electricidad, así como los requisitos para la presentación, evaluación y adjudicación de ofertas, comercialización y las tarifas de generación de energías renovables.

Según el MINEM, aún existe una gran brecha de generación renovable por cubrir, si consideramos el potencial de recursos en el Perú. En términos sociales, el potencial con el que cuenta el país incentivo una serie de programas de electrificación rural para contrarrestar el déficit de cobertura eléctrica en las zonas más aisladas. (Tamayo, Salvador, Vásquez, & Vilches, 2016, pág. 174)

Marco legal

- a. Ley N° 27345, Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 08 de setiembre de 2000, que declara de interés nacional la promoción del Uso Eficiente de la Energía (UEE) para asegurar el suministro de energía, proteger al consumidos, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de los energéticos.
- b. Decreto Legislativo N° 1002, Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 02 de mayo de 2008, que tiene por objeto promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RE) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la promoción de la inversión en la producción de la electricidad.
- c. Decreto Supremo N° 064-2010-EM, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 24 de noviembre de 2010, que aprueba la Política Energética Nacional del Perú 2010-2040, cuya visión es un sistema energético que satisface la demanda nacional de energía de manera confiable, regular, continua y eficiente, que promueve el desarrollo sostenible y se soporta en la planificación y en la investigación e

innovación tecnológica continua.

- d. Decreto Supremo N° 012-2011-EM, Reglamento de la Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 23 de marzo de 2011, que establece las disposiciones reglamentarias necesarias para la adecuada aplicación de la Ley a fin de promover el desarrollo de actividades de producción de energía eléctrica a base del aprovechamiento de RER.
- e. Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático, publicada en el Diario Oficial El Peruano el 18 de abril del 2018, define la mitigación al cambio climático como la “intervención humana para reducir las fuentes de gases de efecto invernadero o mejorar los sumideros (los procesos, las actividades o los mecanismos que eliminan un gas de efecto invernadero de la atmósfera), a fin de limitar el cambio climático futuro”. Dicha intervención, además de buscar estabilizar la temperatura media global para contrarrestar los efectos adversos del cambio climático, es una oportunidad para la transición hacia el desarrollo bajo en carbono. Dicho proceso basado en una planificación a largo plazo, generará beneficios sociales, ambientales y económicos, además de propiciar la inversión pública y privada.

2.3.4. Aspectos Ambientales

En lo que refiere al medio ambiente, la energía solar no genera residuos, no produce ruidos como si produce la manipulación de otro tipo de energías, no consume combustibles y es inagotable, proporcionando esta última variable una enorme ventaja en comparación con las ya existentes temáticas de sistemas vigentes.

Según la (Organización de Naciones Unidas, 2015), el 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años.



Figura 02.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Dentro de estos objetivos, la presente tesis se alinea con los siguientes:

Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. (Organización de Naciones Unidas, 2015)



Figura 02.3. Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante

Fuente: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

El acceso universal a la energía es esencial, ya que esta se utiliza para casi todas las actividades diarias, como el empleo, la seguridad, el cambio climático, la producción de alimentos o para aumentar los ingresos.

Las Naciones Unidas apoyan las iniciativas que aseguran el acceso universal a los servicios de energía sostenible, que transforma la vida, la economía y el planeta, mejorando el rendimiento energético y aumentan el uso de fuentes renovables.

Metas del Objetivo 7: (Organización de Naciones Unidas, 2015)

1. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
 - 3.1 De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
 - 3.2 De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. (Organización de Naciones Unidas, 2015)



Figura 02.4. Objetivo 13: Acción por el clima

Fuente: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

El cambio climático afecta a todos los países en todos los continentes. Tiene un impacto negativo en la economía nacional y en la vida de las personas, de las comunidades y de los países. Las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por las actividades humanas hacen que esta amenaza aumente.

Los países deberán velar por tener soluciones viables teniendo actividades económicas más sostenibles respetuosas con el medio ambiente, recurriendo a la energía renovable y a otras soluciones para reducir las emisiones.

Metas del Objetivo 13: (Organización de Naciones Unidas, 2015)

1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.
2. Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.
3. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.
 - 3.1 Cumplir el compromiso de los países desarrollados que son partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio

Climático de lograr para el año 2020 el objetivo de movilizar conjuntamente 100,000 millones de dólares anuales procedentes de todas las fuentes a fin de atender las necesidades de los países en desarrollo respecto de la adopción de medidas concretas de mitigación y la transparencia de su aplicación, y poner en pleno funcionamiento el Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible.

3.2 Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, haciendo particular hincapié en las mujeres, los jóvenes y las comunidades locales y marginadas.

Desde que el Gobierno de Perú expresó sus metas de mitigación voluntarias en el marco del Acuerdo de Copenhague (2009), Perú ha sido muy activo en la exploración de oportunidades de las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs por sus siglas en inglés), atrayendo el apoyo y la inversión de diferentes países, así como de organismos internacionales. En lo que respecta al sector energético, se han creado incentivos para la inversión de nuevas instalaciones de energías renovables conectadas a la red eléctrica (solar, eólica, biomasa, geotérmica e hidroeléctrica menores de 20 MW), y el uso de energías renovables en sistemas aislados (solar, biomasa, y micro-hidroeléctricas), contribuyendo a que el país alcance las metas voluntarias de mitigación en el sector energético, con una reducción de la emisión directa estimada de 962,000 toneladas equivalentes de CO₂ y una reducción de emisiones indirectas adicionales de 1'600,000 millones de toneladas de CO_{2e}. Como efecto colateral positivo, estas NAMAs generan beneficios a nivel nacional relacionados con el crecimiento económico, la reducción de la pobreza, la competitividad y la seguridad energética. (Ministerio de Energía y Minas, 2014, pág. 1)

Cabe mencionar que, en el ámbito nacional, el Ministerio del Ambiente (MINAM) ha incorporado este conjunto de desafíos comprometidos por el Estado peruano en tres de los documentos más importantes de la

planificación de la gestión ambiental del Perú: a) en el Plan Nacional de Acción Ambiental al 2021, b) El Plan de Acción multisectorial sobre las Recomendaciones de la Evaluación de Desempeño Ambiental del Perú y c) el Plan Estratégico Sectorial Multianual (PESEM) del Sector Ambiente 2017-2021. (Ministerio del Ambiente, 2016)

La Política Energética Nacional del Perú para el periodo 2010-2040 fue aprobada mediante el Decreto Supremo 064-2010-EM, teniendo como dos de sus principales objetivos: a) apoyar la diversificación de la matriz energética con énfasis en las energías renovables y la eficiencia energética, y b) desarrollar un sector energético con un mínimo impacto ambiental y bajo en emisiones de carbono en el marco del desarrollo sostenible. (Ministerio de Energía y Minas, 2014, pág. 11)

Asimismo como resultado del proceso participativo ejecutado en respuesta a la Comisión Multisectorial creada mediante Resolución Suprema 129-2015-PCM, con el objetivo de elaborar el Informe Técnico que contenga la propuesta de las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (iNDC) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la reducción del 30% respecto a las emisiones de GEI proyectadas para el año 2030 a través de diferentes medidas, como la combinación de energías renovables para la matriz energética, que permitiría reducir 2,101 MtCO_{2eq} al 2030 y el reemplazo de luminarias en alumbrado público, que permitirían reducir 0.188 MtCO_{2eq} al 2030. (Ministerio del Ambiente, 2016, pág. 5)

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Alumbrado público

Las instalaciones de alumbrado público son parte sustancial del paisaje urbano actual. No se entiende el modo de vida existente hoy en día sin la iluminación exterior. (Hurtado González, 2015, pág. 8)

El alumbrado público de áreas libres ha sido fundamental para la vida de la ciudad. Si este tipo de alumbrado no existiese en dicho entorno, el caos social estaría presente, entonces, cuando se habla de alumbrado

público se debe pensar como aquel servicio que se brinda de forma plena para la población y que trabaja en conjunto con todos los servicios e infraestructura presentes en la ciudad.

Este ha sido importante para la vida de la ciudad donde tiene como finalidad iluminar las vías de circulación y espacios entre las edificaciones que por sus características deben permanecer iluminadas, ya sea de forma permanente o de forma circunstancial, sean de dominio público o no.

Por otro lado, el alumbrado de vías tiene la condición de proporcionar al vehículo una iluminación adecuada al transitar por la vialidad, así también la visibilidad a la población durante el transcurso y observación del paisaje urbano, la generación de actividades sociales durante la noche entre otros aspectos. (Aguilar Vargas, 2014, pág. 28)

2.4.2. Eficiencia Energética

Es un conjunto de acciones o medidas orientadas a utilizar la energía de manera óptima, sin afectar los niveles de producción o servicios que dependen de ella, obteniendo importantes beneficios para la economía y calidad ambiental, debido a la reducción del consumo de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). De esta manera se contribuye a mejorar la calidad de vida de la población y a la competitividad de las empresas o entidades que lo aplican. (Ministerio de Energía y Minas, 2021)

El uso racional y eficiente de la energía posibilita la disminución del consumo energético, lo que impacta en la disminución de los costos por el uso de la energía utilizada y en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este contexto, es importante evaluar la implementación de diversas medidas que conduzcan a la optimización del consumo de energía, enfocados en su uso racional y eficiente y en la utilización de energías renovables no convencionales.

La eficiencia energética implica el desarrollo de planes que disminuyan el consumo de energía manteniendo los mismos servicios y

prestaciones, así como su calidad, asegurando un mejor abastecimiento energético y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

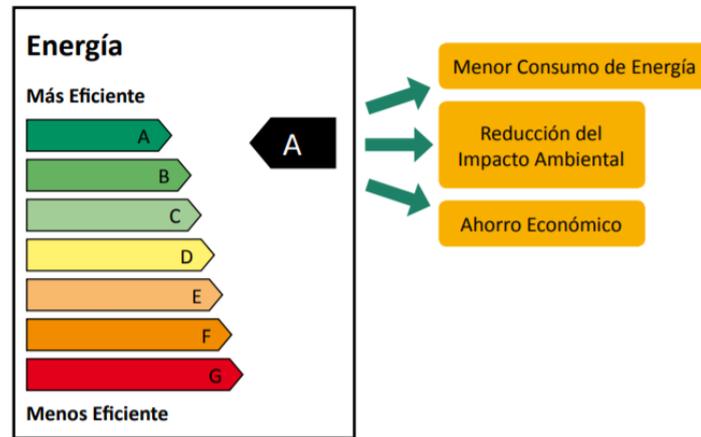


Figura 02.5. Etiqueta de Eficiencia Energética y sus beneficios

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

Una mejora de la eficiencia energética implica producir la misma cantidad de servicio consumiendo menos energía, o bien producir más cantidad consumiendo la misma cantidad de energía.

2.4.3. Electricidad

La electricidad es la forma más sofisticada de energía que existe en la actualidad y permite su transporte entre lugares lejanos de forma económica y eficaz.

La electricidad nos permite una mayor calidad de vida, donde muchas tareas son ejecutadas por aparatos eléctricos, desde lavar la ropa en lavadora a almacenar información en computadoras. Esta gran dependencia de la sociedad actual de la energía eléctrica conlleva un mayor consumo, cuyas consecuencias afectan no solo al medioambiente, sino también a la salud. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 28)

2.4.4. Energía

La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo: trabajo mecánico, emisión de luz, generación de calor, etc.

Prácticamente toda la energía de la que disponemos proviene del Sol. El Sol produce el viento, la evaporación de las aguas superficiales, la formación de nubes, las lluvias, etc. Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales, cuyos restos, con el paso de los siglos, originaron los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 14)

2.4.5. Energías Renovables

Las energías renovables, son energías que se obtienen de fuentes consideradas inagotables que son transformadas en electricidad, calor, entre otros, por medio de instalaciones tecnológicas, para que se dé un posterior uso.

Las energías renovables son también conocidas como energías no convencionales o energías alternativas, debido a que sus fuentes de obtención no son utilizadas comúnmente.

Entre estas energías encontramos: La eólica, mareomotriz, geotérmica, solar, biomasa, entre otras. (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2012)

2.4.6. Energía Solar

Una de las fuentes de energía más conocidas por el hombre es el Sol que es una fuente energética de grandes proporciones. Este hace posible la vida y el desarrollo de esta al brindarnos su luz y calor, su temperatura media se encuentra en los 5,500 °C y, en su interior se generan reacciones que hacen que exista una pérdida de masa, la cual es transformada en energía.

Al aporte de energía hacia el exterior del Sol se le conoce como radiación solar. (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2012)

En la superficie solar la radiación es de 6'340,720 W/m², la radiación se emite en todas las direcciones y llega a la atmósfera terrestre con un

valor cercano a $1,353 \text{ W/m}^2$, este valor es conocido como la constante solar que por condiciones geométricas de la tierra varía durante el año en 3%.

A la superficie terrestre llega solo la tercera parte de la energía que llega a la atmósfera, el 70% de esta energía es absorbida por el mar y lo restante significa miles de veces más que la energía necesitada para el consumo energético mundial. (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2012)

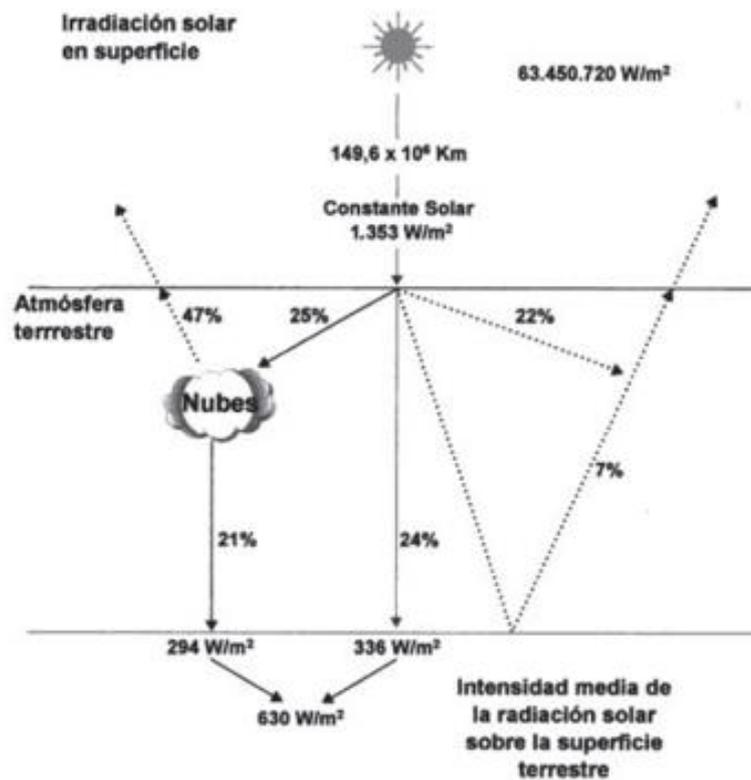


Figura 02.6. Radiación solar en superficie terrestre

Fuente: (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2012)

2.4.7. Energía Solar Fotovoltaica

La Energía Solar Fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando estos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan

ser cargadas como las baterías. (Grupo de Nuevas Actividades Profesionales, 2002, pág. 2)

2.4.8. Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) son aquellos gases presentes en la atmosfera que contribuyen al efecto invernadero. Son de origen natural y antropogénico (resultado de la actividad humana). Entendemos por efecto invernadero, el proceso por el que la radiación térmica emitida por la atmosfera es absorbida por los gases presentes en todas las direcciones. Estos gases en su mayoría son: Vapor de agua (H₂O), Dióxido de carbono (CO₂), Óxido nitroso (N₂O), Metano (CH₄), Ozono (O₃). (CEPSA, 2015, pág. 4)

2.4.9. LED

El acrónimo LED proviene de las siglas en idioma inglés Lighting Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz). Por tanto, un led es un diodo (componente electrónico semiconductor) que, al ser atravesado por una corriente eléctrica en unas determinadas condiciones, emite luz. (Hurtado González, 2015, pág. 34)

El LED aporta importantes ventajas para su utilización en el alumbrado exterior (Hurtado González, 2015, pág. 37):

- a. Pequeñas dimensiones, que permiten gran flexibilidad y simplicidad de diseño de luminarias.
- b. Elevada eficiencia en función de la intensidad de corriente con la que sea alimentado.
- c. Gran vida útil, de hasta 50,000 horas dependiendo de la temperatura ambiente en la que trabaje y de la corriente de alimentación.
- d. Sin radiación ultravioleta ni infrarroja.
- e. Mayor resistencia a golpes y vibraciones que el resto de las fuentes de luz habitualmente utilizadas.
- f. Encendido instantáneo y fácilmente regulable.

2.4.10. Lumen

El lumen (lm) es la unidad de flujo luminoso, señala la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa.

Dentro del concepto de eficiencia luminosa, el lumen es un dato importante, ya que la eficiencia luminosa de una fuente lumínica es la relación entre la cantidad de luz que producida y la energía que consume para producirla. Es decir, la relación Lumen/vatios (Lm/W).

Es eficiente la iluminación LED, al consumir menos vatios en la generación una determinada cantidad de luz (Lumen). (Lamparadirecta.es, s.f.)

2.4.11. Luminarias

Es el aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas. Comprende los dispositivos requeridos para el soporte, fijación y protección de las lámparas.

De acuerdo al uso al que se destinan, se clasifican en: (Hurtado González, 2015, pág. 43):

- a. Vial: Usado en calles, avenidas y carreteras de la ciudad, donde circulen el transporte vehicular.
- b. Peatonal: Usado en vías compartidas por vehículos y peatones, donde la preferencia se realiza sobre el peatón y se adecuan a las necesidades y circunstancias de estos.
- c. Ornamental y deportivo: Usado de forma especial en áreas donde se desarrollen actividades determinadas por un periodo concreto y que requieren de una iluminación singular.

2.4.12. Lux

El lux (lx) se usa para determinar la cantidad de luz proyectada sobre una superficie (un lux equivale a un lumen por metro cuadrado). Nos permite cuantificar la cantidad total de luz visible y la intensidad de la iluminación sobre una superficie. En este sentido, es importante tener en cuenta la orientación de la fuente luminosa. Este valor no distingue el número de fuentes luminosas de las que proviene el flujo de luz, ni el color ni la estructura de la misma. Si la cantidad de lux se indica para una lámpara determinada, normalmente indica la cantidad de luz en el centro del ángulo, donde la intensidad es mayor. (Lamparadirecta.es, s.f.)

2.4.13. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica, es aquella que se genera o se consume en un instante dado, se especifica por el voltaje que obliga a los electrones a producir la corriente eléctrica (Sánchez Maza, 2014, pág. 39), la unidad de potencia es el Vatio o Watt (W).

2.4.14. Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua. El resto de equipos incluidos en un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la aplicación a la que está destinado. (Perpiñán Lamigueiro, 2020, pág. 1)

Según Pareja (2010), un sistema fotovoltaico aislado y autónomo es denominado auto abastecedor, ya que aprovecha la irradiación solar para generar la energía eléctrica necesaria en el suministro de una instalación. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el módulo fotovoltaico. La corriente producida por el módulo fotovoltaico es continua a un voltaje que generalmente es de 12 V, dependiendo de la

configuración del sistema puede ser de 24 V o 48 V.

Asimismo, Pareja (2010), establece que la energía eléctrica producida se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, fundamentalmente cuando la radiación solar cesa. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando se un día nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía.

El sistema solar fotovoltaico está constituido por: panel, controlador de carga, acumulador de energía, inversor, conductores eléctricos, estructura y otros elementos auxiliares. Además, el sistema fotovoltaico independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se puede dividir en dos categorías: Aislados y conectados a la red. (Fernández Salgado, 2009, pág. 108)



Figura 02.7. Componentes de un sistema fotovoltaico

Fuente: <https://diariocorreo.pe/ciudad/lago-titicaca-paneles-solares-benefician-a-familias-dentro-de-la-bahia-648813/>

2.4.15. Sistemas fotovoltaicos aislados

Son sistemas que se instalan en lugares donde no hay red eléctrica o de difícil acceso a dicha red. Se debe tomar en cuenta para el

dimensionamiento, a fin de satisfacer la necesidad energética por las noches, con un dispositivo de acumulación de energía (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2012)

El sistema fotovoltaico aislado de la red está conformado por:

- a. Paneles o módulos fotovoltaicos: Convierten la energía solar en energía eléctrica.
- b. Baterías: Acumulan la energía solar generada por los paneles, para luego utilizarla cuando ya no se genere generación solar.
- c. Regulador de carga: Protege a las baterías de un exceso de carga y descarga por el uso.
- d. Inversor: Transforma la corriente continua en corriente alterna, la razón por la cual se debe transformar la corriente es porque la mayoría de los aparatos eléctricos utilizan corriente alterna para su funcionamiento, el inversor se dimensionará para el 20% de la potencia de pico. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 67)

2.4.16. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Están conectados directamente a la red pública de electricidad, la energía generada es surtida a la red, el consumo de energía eléctrica es independiente de la generación fotovoltaica. La función principal de este sistema es vender energía a la empresa eléctrica. (Schallenberg, y otros, 2008, pág. 68)

El sistema fotovoltaico conectado a la red esta conformado por:

- a. Paneles o módulos fotovoltaicos
- b. Inversores: Transforman la corriente generada a corriente de las mismas características de la red pública.
- c. Cuadro de protecciones y contadores: Los contadores sirven para determinar la cantidad de energía que genera el sistema fotovoltaico.

2.5. Fundamentos teóricos que sustenta el estudio

2.5.1. Índice de radiación solar

El Atlas de Energía Solar del Perú elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y el Ministerio de Energía y Minas (MEM) señala que el país cuenta con una elevada radiación solar, 5.5 a 6.5 kWh/m²; 5.0 a 6.0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5.0 kWh/m² (SENAMHI - MEM, 2003, pág. 20). Unas cifras que denotan el altísimo potencial fotovoltaico que tiene el país, el cual debe ser aprovechado para generar energía limpia para sus habitantes.

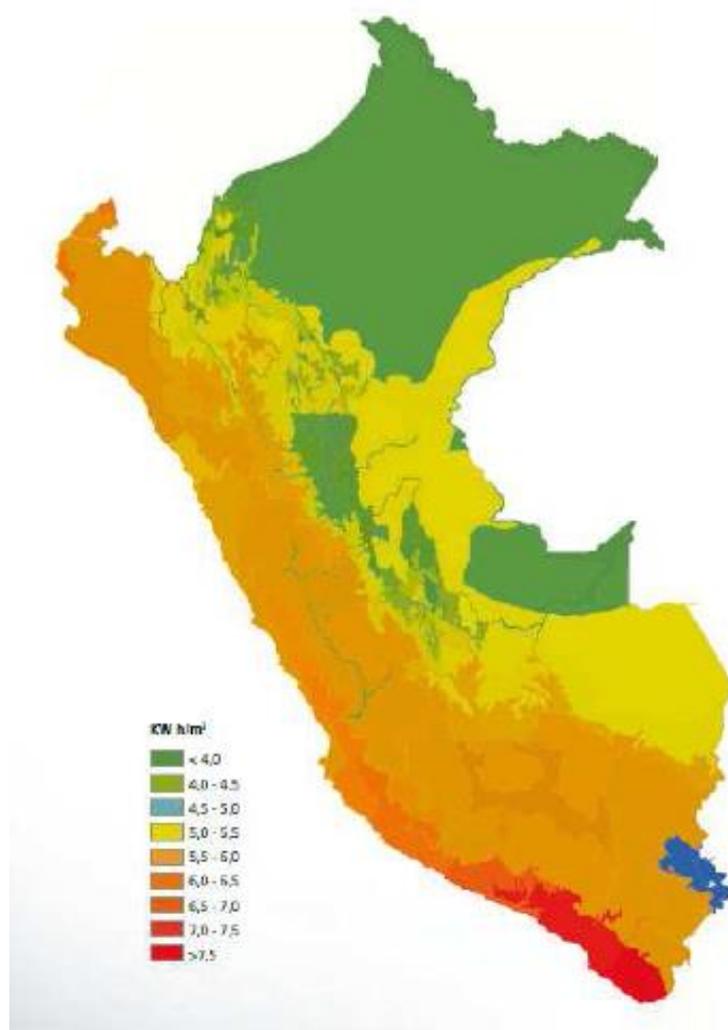


Figura 02.8. Mapa de radiación solar en el Perú

Fuente: (SENAMHI - MEM, 2003)

2.5.2. Emisiones de CO₂

Según el informe de BP Statistical Review of World Energy (BP, 2019), en conjunto, Brasil y México fueron responsables en el 2018 del 2.7% de las emanaciones de CO₂ a nivel mundial, con un total de 905 millones de toneladas. A pesar de emitir una menor contaminación en comparación con estas dos potencias regionales, tanto Colombia como Perú han aumentado la cantidad de CO₂ emitida en el aire en los últimos diez años.

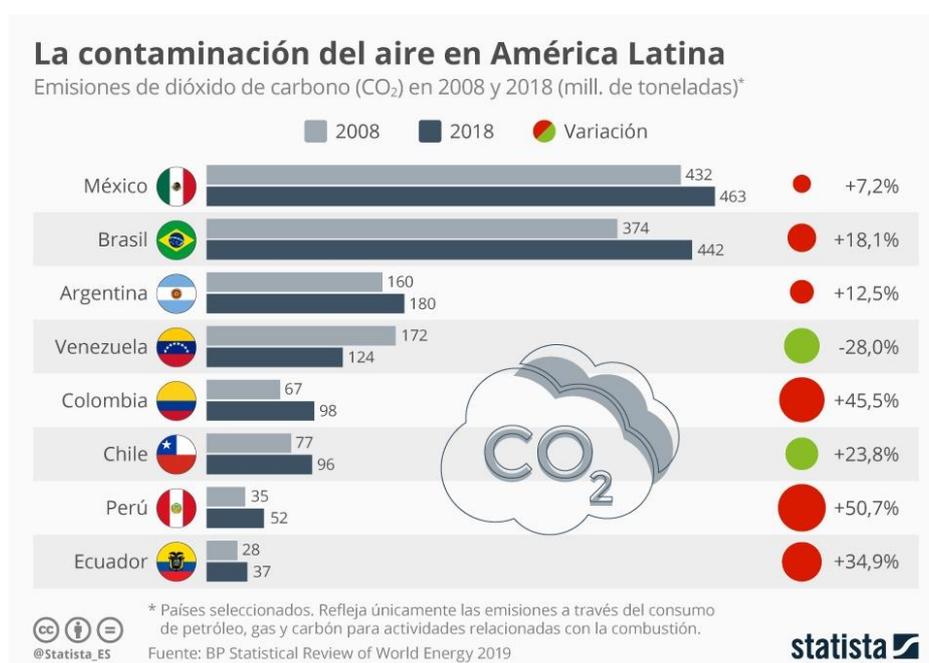


Figura 02.9. La contaminación del aire en América Latina

Fuente: <https://es.statista.com/grafico/20195/emisiones-de-co2-en-paises-latinoamericanos-seleccionados/>

El tiempo para disipar o que se degrade estos gases en la atmosfera es el siguiente:

Tabla 02.1. Tiempo de estancia en la atmosfera de los GEI

Gas	Tiempo de estancia en la atmosfera
Gas carbónico: CO ₂	Entre 100 – 150 años
Metano: CH ₄	12 años
Óxido nitroso: N ₂ O	120 años

Fuente: (Trespalcios & Blanquicett, 2018)

El Perú ha planteado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en el marco del Acuerdo de París, una Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (iNDC, por sus siglas en inglés) que contempla una reducción del 30% respecto a las emisiones de GEI proyectadas para el año 2030 a través de diferentes medidas. Entre ellas se encuentran una combinación de energías renovables para la matriz energética, que permitiría reducir 2,101 MtCO_{2eq} al 2030 y el reemplazo de luminarias en alumbrado público, que permitirían reducir 0.188 MtCO_{2eq} al 2030. (Ministerio del Ambiente, 2016, pág. 5)

2.5.3. Eficiencia energética

Las mejoras en la eficiencia energética se logran generalmente mediante la adopción de una tecnología o un proceso de producción más eficiente o mediante la aplicación de métodos comúnmente aceptados para reducir las pérdidas de energía.

Hay muchas motivaciones para mejorar la eficiencia energética. La reducción del uso de energía reduce los costos de electricidad y puede generar un ahorro financiero para los consumidores si el ahorro de energía compensa cualquier costo adicional de implementar una tecnología de eficiencia energética. Reducir el uso de energía también se considera una solución al problema de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El gobierno peruano mediante Decreto Supremo N° 064-2010-EM aprobó la Política Nacional Energética del Perú 2010 – 2040 que pone énfasis en el uso eficiente de la energía y las energías renovables. Asimismo, se cuenta con un marco legal (Ley N° 27345) que declara de interés nacional la promoción del uso eficiente de la energía, con el propósito de asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de los energéticos. Con el fin de reforzar la parte institucional, mediante Decreto Supremo N° 026-2010-

EM se crea la Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE), encargada de establecer la política energética en concordancia con la Política Nacional Energética del Perú, promoviendo la eficiencia energética y el desarrollo de las energías renovables a nivel nacional. (Ministerio de Energía y Minas, 2018, pág. 1)

2.5.4. Iluminación convencional vs iluminación LED

El uso de luminarias LED trae consigo muchos beneficios, principalmente el ahorro energético generado respecto al costo por el uso de luminarias convencionales. A través de los años, su aplicación se ha ido incrementando en diferentes tipos de trabajos, tanto para servicio de iluminación en interiores como en exteriores. Uno de los grandes beneficios que se obtiene, es el mayor flujo luminoso con poca alimentación de energía; por ejemplo: un foco convencional de 90 w con flujo luminoso de 1,250 lm tiene la misma equivalencia luminosa de un foco LED de 9 w generando un 86% de ahorro energético. El inconveniente principal de las lámparas LED, es el elevado costo de adquisición. (Valdiviezo Supo, 2021, págs. 51, 52)

Las ventajas que se obtienen al emplear luminarias LED, respecto a las luminarias convencionales son:

- Las horas de vida de las lámparas LED se encuentran en un promedio de 50,000 horas.
- Amigable con el medio ambiente al tener menor emisión de CO₂.
- Mayor ahorro en mantenimiento. No hay necesidad de realizar cambios de bombillas ni arrancadores, como en el caso de las lámparas fluorescentes.
- Versatilidad en aplicaciones.
- Mayor resistencia a golpes o vibraciones.
- Arranque instantáneo.
- Menor emisión de calor.

- Tiene mejor proyección de luz nítida y brillante generando mayor confort en el usuario y visualización de lo que implica mayor seguridad ciudadana.

2.5.5. Postes solares

Los postes solares captan la energía del sol generando electricidad con el panel solar fotovoltaico, la almacena en su batería y en la noche se enciende automáticamente la luminaria LED de la que dispone.

Todo el control del proceso de encendido y apagado automático, lo coordina el CPU o controlador de carga con el que cuenta, que además protege a la batería de sobrecargas. (Lumisolar, s.f.)



Figura 14. Poste solar

Fuente: (Lumisolar, s.f.)

Las principales ventajas son:

- No pago de consumo eléctrico. A la larga son gratis. La inversión se recupera íntegramente al no tener que pagar más por este concepto.
- Rapidez en su instalación en cualquier lugar del país.
- No requiere autorización de organismos fiscalizadores eléctricos por trabajar con corrientes bajas de 12 o 24 volt. carentes de todo riesgo.
- Son un excelente respaldo lumínico frente a cortes de luz.

- Funcionan antes, durante y después de sismos actuando muchas veces como la única iluminación disponible por el colapso de la red eléctrica.
- Refleja una mirada empresarial consciente y responsable por el medio ambiente.

A nivel nacional, estos tipos de postes solares son utilizados en espacios residenciales, espacios públicos y campamentos mineros entre otros, tal como se muestran en las siguientes imágenes:

a. Proyecto Sol de Trujillo. Trujillo, Perú. Cliente: Los Portales



Figura 02.11. Proyecto Sol de Trujillo

Fuente: (Lumisolar, s.f.)

b. Proyecto Plaza de Armas de Iñapari. Madre de Dios, Perú. Cliente: INGCOOPER



Figura 02.12. Plaza de Armas de Iñapari

Fuente: (Lumisolar, s.f.)

2.6. Hipótesis

2.6.1. Hipótesis general

La implementación de un sistema fotovoltaico tiene efecto positivo en la eficiencia energética del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

2.6.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en el consumo de energía del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

Hipótesis específica 2:

La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

Hipótesis específica 3:

La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en el ahorro económico del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

2.7. Variables

Variable Independiente: Sistema fotovoltaico

Variable Dependiente: Eficiencia energética

Tabla 02.2. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Sistema fotovoltaico	Paneles solares	Modulo fotovoltaico
Eficiencia energética	Cantidad de kilowatts por hora consumida	Consumo de energía
	Emisiones de CO ₂	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)
	Precio de kW en soles	Ahorro económico

Fuente: *Propia*

Capítulo III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo, método y diseño de la investigación

El enfoque cuantitativo usa como método de investigación la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018, pág. 6) De esta forma podemos investigar la factibilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico en la Universidad Ricardo Palma realizando un análisis completo tanto técnico, económico, ambiental y normativo, para aportar a próximas investigaciones en este ámbito.

El método explicativo investiga las causas y/o efectos que originan un fenómeno determinado.

Asimismo, los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018, pág. 152) Los requisitos, condiciones necesarias o características de los experimentos son fundamentalmente tres:

1. Manipulación intencional de una o más variables independientes:
2. Medición de las variables dependientes.
3. Control sobre la situación experimental.

Tipo de la investigación: Cuantitativa

Método de la investigación: Explicativo

Diseño de la investigación: Experimental

3.2 Población y muestra

La población se define como la totalidad de elementos que conforman el universo de estudio, mientras que la muestra implica un subconjunto de la población que debe ser representativa de la misma. (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018, pág. 196)

En esta investigación, la población se encuentra determinada por la totalidad de luminarias públicas ubicadas en el estacionamiento interno de la

Universidad Ricardo Palma.

La muestra estará constituida por las 24 luminarias distribuidas en los seis postes de alumbrado público dentro del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas, y se establece una serie de conclusiones respecto de las hipótesis. (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018, pág. 6)

La técnica de recolección de datos empleada en este trabajo fue una recopilación documental y bibliográfica enfocada primeramente a la teoría relacionada a la energía solar fotovoltaica y la eficiencia energética. Dentro de esta teoría se enmarcan no solo temas relacionados con el módulo fotovoltaico como son: la célula fotovoltaica, sus tipos y eficiencia de estas; sino también temas referentes a la radiación solar, entre otros.

La investigación está enfocada al marco normativo en donde se describen las leyes que incentivan la inversión de proyectos enfocados a energías renovables en Perú.

La recolección de datos se fundamenta en la medición (se miden las variables o conceptos contenidos en las hipótesis). Esta recolección se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica. Para que una investigación sea creíble y aceptada por otros investigadores, debe demostrarse que se siguieron tales procedimientos. Como en ese enfoque se pretende medir, los fenómenos estudiados deben poder

observarse o referirse en el mundo real. (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018, pág. 7)

En este sentido se empleará hojas de cálculo y tablas que agilizarán el registro, organización y manipulación de datos numéricos y alfanuméricos para ejecutar una comparación en relación con los diferentes aspectos que caracterizan la eficiencia de los elementos (modulo fotovoltaico), así como los costos de estos.

Una vez recopilados los datos, se procederá a organizarlos, describirlos y analizarlos. A continuación, se indican las diversas variables que se tomaron en cuenta para el cálculo de la viabilidad del proyecto:

- a. Plano de ubicación de la URP, con coordenadas geo-referenciadas.
- b. Planimetría de la URP.
- c. Distribución del alumbrado en el área de estacionamiento interno de la URP.
- d. Tablas de radiación solar en el distrito de Santiago de Surco en todo el año.
- e. Costo actual del consumo eléctrico convencional, reflejado en el recibo de consumo de energía eléctrica de la URP.
- f. Observación del sistema de iluminación y características técnicas de las luminarias del área de estacionamiento interno de la URP.
- g. Cuadros de especificaciones técnicas del sistema fotovoltaico a instalar en el área de estacionamiento interno de la URP.
- h. Inversión inicial, la cual viene determinada por el dimensionamiento del proyecto de acuerdo con los elementos empleados: cantidad de módulos fotovoltaicos, inversores, accesorios de acuerdo con los kWh instalados, costo de implementación.

3.4 Descripción de procedimientos de análisis

Según Hernández Sampieri (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018, pág. 14) el análisis de los datos es sistemático y estandarizado. El proceso del análisis de los datos es basado en las hipótesis formuladas. Una vez recolectados los datos numéricos, estos se transfieren a una matriz, la cual se analiza mediante procedimientos estadísticos dependiendo del nivel de medición de las variables.

Los datos se obtienen por observación, medición y documentación de mediciones. Se utilizan instrumentos que han demostrado ser válidos y confiables en estudios previos o se generan nuevos basados en la revisión de la literatura y se prueban y ajustan.

Para recolectar información implican tres actividades que se encuentra estrechamente vinculadas entre sí:

- a. Seleccionar un instrumento o método de recolección de datos.
- b. Aplicar ese instrumento o método para recolectar datos.
- c. Preparar observaciones, registros y mediciones obtenidas.

En la presente investigación se procederá a analizar de acuerdo con el siguiente diagrama de flujo:

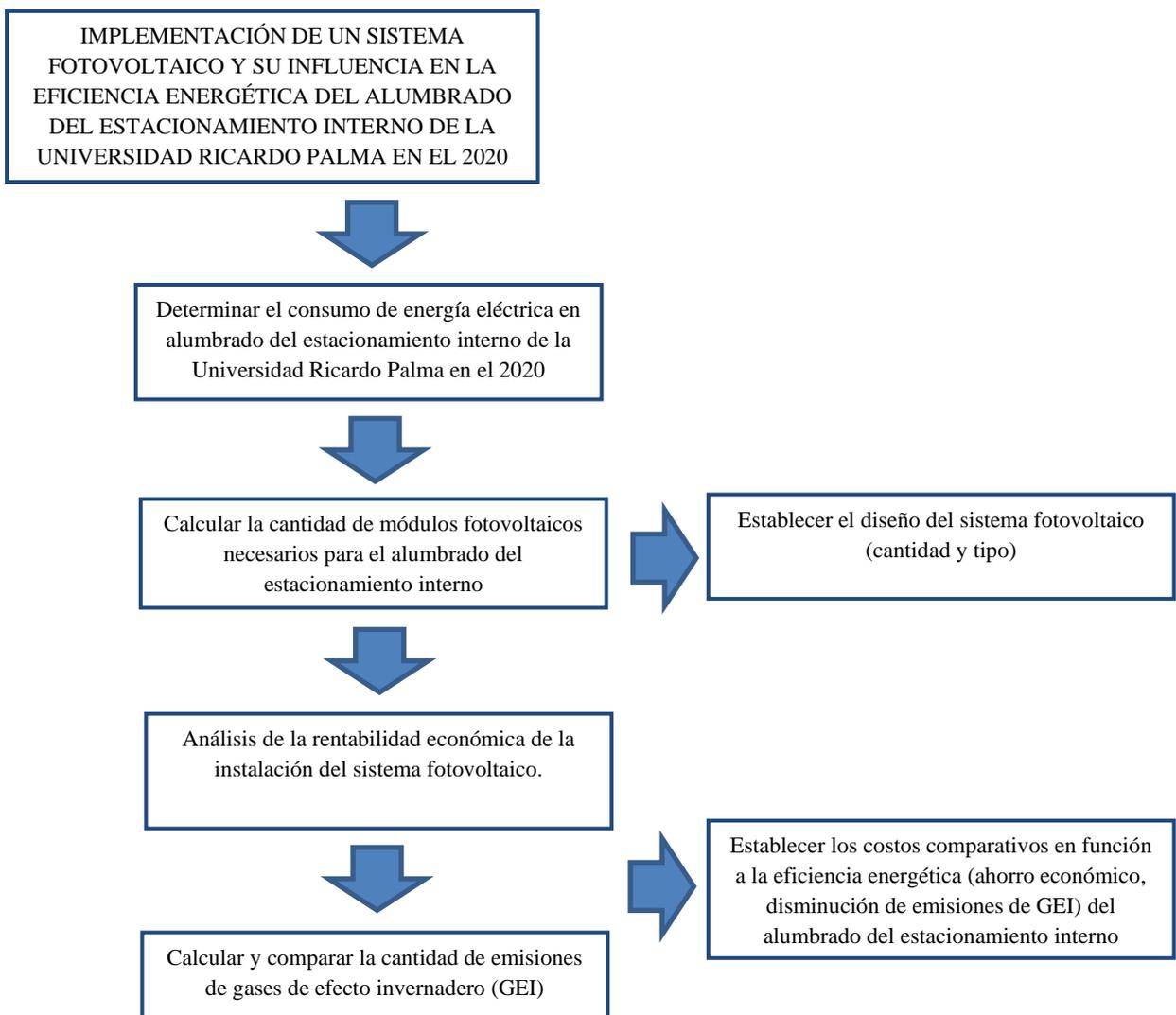


Figura 03.1. Diagrama de flujo

Fuente: Propia

A continuación, se describirá cada uno:

3.4.1. Determinar el consumo de energía eléctrica en alumbrado del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.

- a. Determinar la cantidad de luminarias existentes en el área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma.
- b. Calcular el consumo de energía eléctrica en el alumbrado del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020 en base a las luminarias existentes y las horas de uso.

3.4.2. Calcular la cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios para el alumbrado del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma.

- a. Determinar la cantidad de energía que emite un módulo fotovoltaico en base a sus especificaciones técnicas, en tiempo de menor incidencia solar (invierno) a fin de tener un valor cuantificable.
- b. Especificar el tipo y cantidad de módulos fotovoltaicos a instalar de acuerdo con la cantidad de energía requerida.

3.4.3. Análisis de la rentabilidad económica de la instalación del sistema fotovoltaico.

- a. Análisis económico del costo de la energía producto del sistema de alumbrado actual con lo que costaría implementar el sistema de paneles solares.

3.4.4. Calcular y comparar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

- a. Calcular y comparar la cantidad de emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) producto de las luminarias existentes vs las luminarias LED propuestas.

Capítulo IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se muestran los resultados obtenidos en la presente investigación. Estos son mostrados en correspondencia al enfoque aplicado: Enfoque cuantitativo.

4.1. Descripción del área de estudio

El área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma se encuentra colindando con el ingreso principal de la universidad.

Comprende un área aproximada de 9,500 m² abarcando 369 espacios de estacionamientos de vehículos. Su sistema de iluminación consta de seis (06) postes con cuatro luminarias cada uno, haciendo un total de 24 luminarias modelo Contempo L de la marca Philips, las cuales requieren de un periódico y constante mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, lo que genera gastos económicos debido a su antigüedad y baja eficiencia.

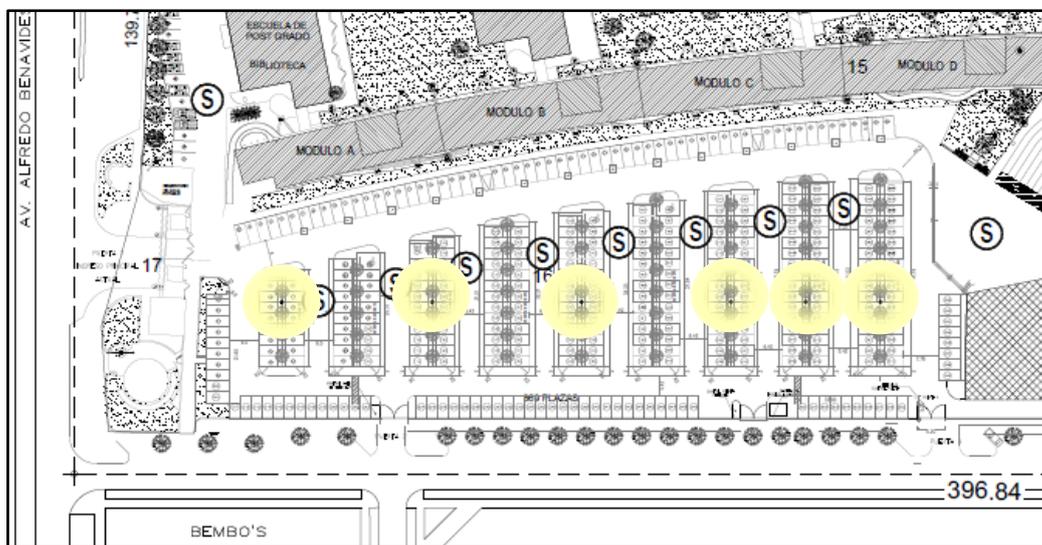


Figura 04.1. Distribución del alumbrado en el área de estacionamiento interno de la URP
Fuente: Universidad Ricardo Palma

El área de estacionamiento interno es la primera vista desde el exterior de la Universidad Ricardo Palma, por lo tanto, si se cuenta con una iluminación vanguardista, esta se convierte atractiva para las personas.



Figura 04.2. Poste de alumbrado tipo corona con cuatro luminarias

Fuente: <https://es.foursquare.com/v/universidad-ricardo-palma>

4.2. Resultados

- **Determinar la cantidad de luminarias existentes en el área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma.**

Son 24 luminarias de 250 watts las que conforman el sistema de alumbrado del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma.

- **Calcular el consumo de energía eléctrica en el alumbrado del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020 en base a las luminarias existentes y las horas de uso.**

El consumo de energía eléctrica estará en relación a la demanda energética, la cual se halla con el supuesto de que las luminarias del estacionamiento interno de la URP están encendidas desde las 6.00 pm hasta las 6.00 am (12 horas diarias), todo el mes, durante todo el año 2020.

Tabla 04.1. Cálculo de consumo de energía eléctrica

Numero de lámparas	Potencia lámparas (W)	Horas día	Wh/día	kWh/día	kWh/año
24	250	12	72,000	72.00	26,280.00

Fuente: *Propia*

- **Determinar la cantidad de energía que emite un módulo fotovoltaico en base a sus especificaciones técnicas, en tiempo de menor incidencia solar (invierno) a fin de tener un valor cuantificable.**

Se buscó información histórica de la radiación solar en el distrito de Santiago de Surco, específicamente el rango de radiación solar que cae en la superficie de la Universidad Ricardo Palma, para ello se utilizó el Geovisor Cartográfico del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI.

Esta página te permite escoger la ubicación exacta en donde se emplazará el proyecto y un rango de tiempo. Para este caso escogimos el área de estacionamiento interno de la universidad y el año 2020. Los resultados se muestran en la Tabla 04.2.

Tabla 04.2. Rango de radiación solar histórica (kWh/m²) - SENAMHI

Mes	Rango Rad.	Mes	Rango Rad.
Ene	6.0 – 6.5	Jul	4.5 – 5.0
Feb	6.0 – 6.5	Ago	4.5 – 5.0
Mar	5.5 – 6.0	Set	5.0 – 5.5
Abr	5.5 – 6.0	Oct	5.0 – 5.5
May	4.5 – 5.0	Nov	5.0 – 5.5
Jun	4.0 – 4.5	Dic	5.0 – 5.5
Promedio Anual			
5.5 – 6.0			

Fuente: *Propia, elaboración a partir del Geovisor Cartográfico de SENAMHI*

Para efectos de cálculos se tomará la radiación solar más desfavorable, la cual de acuerdo a lo indicado en la Tabla 04.2 es en el mes de junio con un rango de 4.0 – 4.5 kWh/m².

Estimación de la potencia de la instalación fotovoltaica

Este parámetro es fundamental para comenzar a dimensionar un sistema fotovoltaico, debido a que se debe dimensionar buscando cubrir la mayor incidencia en la demanda. Por lo cual se procede a analizar la potencia consumida por la carga de la Universidad Ricardo Palma, mediante los datos obtenidos en esta investigación.

- **Especificar el tipo y cantidad de módulos fotovoltaicos a instalar de acuerdo con la cantidad de energía requerida.**

Cantidad de módulos fotovoltaicos

Para saber la cantidad de módulos fotovoltaicos a instalar, se trabajará con la tabla de equivalencias entre los distintos sistemas de iluminación (ver Anexo 4.2), haciendo un comparativo entre la potencia de las lámparas instaladas y las lámparas propuestas, mejorando la cantidad de lúmenes requeridos para el área de estacionamiento, manteniendo la misma cantidad de lámparas instaladas (24 lámparas).

Tabla 04.3. Equivalencia entre las lámparas instaladas y las propuestas

	Tipo de lámparas	Cantidad de lámparas	Potencia lámparas (W)	Lúmenes
Lámparas instaladas	Halógenas	24	250	2,500
Lámparas propuestas	LED	24	30	3,000

Fuente: *Propia*

Tipo de módulos fotovoltaicos:

Se hizo un cuadro comparativo con 3 de los distintos tipos de módulos fotovoltaicos existentes en el mercado peruano.

Tabla 04.4. Precio comparativo de sistemas fotovoltaicos

Ítem	Tipo	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
1	Poste Solar Victron Blue Solar PWM-Light	24	2,368.00	56,832.00
2	Poste Solar Bridgelux LED 40W – ILUMIP0700005	24	1,638.03	39,312.72
3	Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips	24	1,500.00	36,000.00

Fuente: *Propia*

En las siguientes figuras, se verán las características y especificaciones técnicas de las lámparas LED de menor costo, que contribuyen con la eficiencia energética del área de estudio.



Figura 04.3. Poste Solar Bridgelux LED 40W

Fuente: <https://importacionesslumber.pe/>

C-1 Luz De Calle Solar De 40W LED

Código:	ILUMIP0700005
Lampara LED:	40W Bridgelux LED 6000K-6500K
Tipo de Batería:	Lithium-Ion 12V 40AHH
Tiempo de Carga:	6-8 Horas
Tiempo de descarga:	30-36 Horas
Lúmenes:	100 Lm/w
Material:	Aluminio
Panel Solar:	18.2V 60W, Polycristalino
Altura de Instalación:	3 – 5 metros
Dimensiones:	1400*600*926 mm
Peso Bruto (G.W):	22.5 KG / set
Certificado:	CE,RoHS
Garantía:	2 Años

Figura 04.4. Ficha técnica del Poste Solar Bridgelux LED 40W

Fuente: <https://importacionesslumber.pe/>



Figura 04.5. Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips

Fuente: <https://lighting.philips.com.pe/>

Datos del producto

Funcionamiento de emergencia		Datos técnicos de la luz	
Controlador incluido	Si	Longitud total	398 mm
Tipo de cubierta/lente óptico	Reflector	Ancho total	310 mm
Material	Aluminio	Altura total	78 mm
		Color	RAL 9007
Mecánicos y de carcasa		Aprobación y aplicación	
Tipo de batería	Litio ferrofosfato	Código de protección de ingreso	IP66 [Protección contra el ingreso de polvo, a prueba de chorro de agua]
Voltaje de la batería	12.8 V	Código de protección de impacto mec.	IK07 [2 J reforzado]
Tipo de panel	Policristalino	Información general	
Voltaje del panel	12 V	Initial luminous flux (system flux)	3000 lm
Potencia en vatios máxima del panel	30 W	Temperatura de color correlacionada inic.	5700 K
Kit de conexión por cable	Incluye	Init. Color Rendering Index	>70
Controles y regulación			
Con regulación de intensidad	Atenuación inalámbrica		
Capacidad de configuración	Configurable		

Figura 04.6. Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips

Fuente: <https://lighting.philips.com.pe/>

Los módulos fotovoltaicos a instalar estarán compuestos por 24 luminarias que, por características técnicas, precio, y marca serán del tipo Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 de la marca Philips, los cuales consumen 83% menos potencia y generan 20% mayor cantidad de lúmenes, mejorando la iluminación del área de estacionamiento. Las características de las luminarias se muestran en el Anexo 3.4.

Orientación e inclinación de los paneles:

Para asegurar el funcionamiento adecuado de los paneles solares, estos deben estar orientados de manera que se pueda aprovechar la mayor cantidad de radiación. Necesitan cierta inclinación mínima para que, en el caso de lluvias, estas puedan seguir su curso limpiando al panel y no haciendo que este se dañe debido a el estancamiento de agua.

De acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica de Edificación: EM.080 Instalaciones con Energía Solar, la orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos deben analizarse de tal modo que reciba una óptima radiación solar para el abastecimiento eléctrico de acuerdo con los usos y necesidades. Los paneles fotovoltaicos estacionarios deben estar orientados hacia el norte y mantener un ángulo de inclinación equivalente a la latitud del lugar de instalación más 10 grados.

La latitud de la Universidad Ricardo Palma es de 12°07'52.89" S, y los paneles solares se instalan más 10°, por lo tanto, los paneles se instalarán con un ángulo de inclinación de 22°.

Estructura de soporte

La estructura soporte de la instalación debe estar adecuada según la inclinación y separación entre paneles. Estas consideraciones lograrán aumentar la eficiencia de la instalación fotovoltaica.

- **Análisis económico del costo de la energía producto del sistema de alumbrado actual con lo que costaría implementar el sistema de paneles solares.**

Ahorro en consumo de energía

Al implementar un sistema de iluminación mediante módulos fotovoltaicos, estaríamos ahorrando un total de **26,280.00 kWh/año** producto del consumo de energía eléctrica de las luminarias actuales (ver Tabla 04.1), ya que la energía fotovoltaica es totalmente gratis.

Costo de energía actual

El costo de energía producto del sistema de alumbrado actual se hallará utilizando la tarifa de la empresa prestadora de servicios (Luz del Sur), de acuerdo

al pliego tarifario de electricidad de Osinergmin. Tomando para el costo de energía de la Universidad Ricardo Palma la tarifa BT2, que se muestra en la siguiente figura:

Tabla 04.5. Pliego tarifario de electricidad

	BAJA TENSIÓN	UNIDAD	TARIFA
TARIFA BT2	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y		Sin IGV
	CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	5.56
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kW.h	35.15
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kW.h	29.62
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S//kW-mes	72.42
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S//kW-mes	48.36
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S//kW-mes	39.65
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S//kVar.h	5.69

Fuente: *Osinergmin*

De acuerdo a lo indicado en la antes indicado en la Tabla 02, tenemos:

Gastos diarios en consumo de electricidad:

$$72.00 \text{ kWh} * 0.3515 \text{ S/ /kWh} = \mathbf{25.31 \text{ soles/día.}}$$

Asumiendo que las luminarias están operando todo el año (365 días), el gasto anual producto del consumo de energía del sistema de alumbrado actual sería: $25.31 \text{ soles/día} * 365 \text{ días} = \mathbf{9,238.15 \text{ soles.}}$

Costo de inversión

El costo de inversión de un sistema fotovoltaico está compuesto por el costo de los componentes, transporte e instalación. Además, debemos tomar en cuenta los costos de mantenimiento. Cabe resaltar que estos costos que se indican a continuación son estimaciones en base a lo encontrado en el mercado local.

Los costos de operación se reducen solo al mantenimiento. Este mantenimiento no es muy complejo, ya que el sistema es fijo y aislado. El costo de mantenimiento anual es de 500 soles aproximadamente.

Con el fin de disminuir los costos de inversión, se utilizará las estructuras existentes, reemplazando solo las luminarias.

Análisis económico

Para analizar la rentabilidad económica del proyecto se realiza un análisis a través de las variables económicas como: el valor actual neto (VAN), la tasa interna de rentabilidad (TIR) y el periodo de recuperación (PR).

Valor actual neto (VAN)

El VAN de un proyecto de inversión es la suma algebraica de los valores equivalentes de todos los flujos de cajas parciales, actualizados al inicio del proyecto.

$$VAN = -FC_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i} \dots \dots ()$$

Siendo:

- VAN: Valor actual neto
- FC₀: Inversión inicial del proyecto
- FC_i: Flujo de caja anual
- r: Tasa de rentabilidad o tasa de descuento
- n: Número de años para el estudio de la rentabilidad
- i: Año actual

VAN > 0 = El proyecto es rentable

VAN = 0 = Punto de equilibrio, es decir, no hay ganancias ni pérdidas

VAN < 0 = El proyecto no es rentable

Tasa interna de retorno (TIR)

Este segundo criterio de valoración de rentabilidad lo que nos proporciona es la tasa que hace nulo el VAN; es decir, la tasa de interés que iguala la inversión inicial con los flujos de caja futuros esperados durante la duración del proyecto.

$$VAN = 0 \rightarrow -FC_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} = 0 \dots \dots ()$$

Periodo de recuperación (PR)

Este tercer criterio de valoración de rentabilidad de inversión lo que nos proporciona es la duración mínima del proyecto para poder recuperar la inversión

inicial a través de los sucesivos flujos de caja que nos vayan proporcionando a lo largo de su vida.

A continuación, se muestran los resultados del VAN, TIR y PR se obtienen a partir de la tabla del flujo de caja anual elaborada a partir de la energía producida anualmente y los costos de energía facturados en kWh consumida.

Tabla 04.6. Datos para evaluar la rentabilidad del proyecto

Datos para evaluar la rentabilidad	
Inversión inicial (estimada)	S/ 40,000.00
Costo de energía del sistema de alumbrado actual	S/ 9,238.15
Años de estudio	10
Mantenimiento y otros	S/ 500.00

Fuente: *Propia*

Donde el precio global por inspección cobrado por el personal sería de S/. 166 y como esto se realiza de manera trimestral, anualmente el costo de mantenimiento ascenderá a S/. 500.00 lo cual se irá incrementando con el paso de los años.

Tabla 04.7. Flujo de caja

Año	Costo de energía	Mantenimiento	Flujo de Caja
0			-40,000.00
1	9,238.15	500.00	-31,261.85
2	9,515.29	515.00	-22,261.56
3	9,800.75	530.45	-12,991.25
4	10,094.78	546.36	-3,442.84
5	10,397.62	562.75	6,392.03
6	10,709.55	579.64	16,521.94
7	11,030.83	597.03	26,955.74
8	11,361.76	614.94	37,702.57
9	11,702.61	633.39	48,771.79
10	12,053.69	652.39	60,173.10

Fuente: *Propia*

Finalmente, después de hacer un análisis económico a través del flujo de caja se presentan los resultados de las variables económicas, siendo el VAN positivo, el TIR de 20% y el PR no mayor a 5 años, podemos aceptar que el proyecto tiene una viabilidad económica.

Tabla 04.8. Resultados de las variables económicas

Resultados	
VAN	S/ 54,647.26
TIR	20%
PR	4.4 años

Fuente: *Propia*

- **Calcular y comparar la cantidad de emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) producto de las luminarias existentes vs las luminarias LED propuestas.**

De acuerdo a lo indicado por el Ministerio de Energía y Minas - MINEM, para calcular las emisiones de CO₂ se emplea la siguiente fórmula directa:

$$\text{Emisiones (kg CO}_2\text{)} = \text{consumo de energía (unidad)} \times \text{factor de emisión (kg CO}_2\text{/unidad)}$$

Donde:

Consumo de energía es la cantidad de energía eléctrica, gasolina, diesel, GLP, gas natural, leña, etc., expresado en sus unidades correspondientes: kWh, galones, kilogramos, metros cúbicos.

Factor de emisión es un valor definido que expresa la cantidad de CO₂ emitido por cada unidad de la energía empleada.

Tabla 04.9. Factores de emisión de kgCO₂

Factores de emisión de kgCO ₂		
Energético	Factor	Unidades
Electricidad	0,4119	kgCO ₂ /kWh
GLP	2,75	kgCO ₂ /kg
Diésel	9,7	kgCO ₂ /galón
Gasolina	7,9	kgCO ₂ /galón
Leña	1,7	kgCO ₂ /kg

Fuente: *Ministerio de Energía y Minas - MINEM*

En este caso el factor de emisión de CO₂ para energía eléctrica es de 0.4119 kg CO₂/kWh

Luminarias actuales Halógenas:

$$250W * 24 * 12hrs/día * 365 días = 26,280,000 Wh/año = 26,280 kWh/año$$

Luminarias propuestas LED:

$$30W * 24 * 12hrs/día * 365 días = 3,153,600 Wh/año = 3,153.60 kWh/año$$

Tabla 04.10. Cantidad de emisiones de kgCO₂

Tipo	kWh/año	Factor de emisión de CO ₂	Cantidad de kgCO ₂
Luminarias actuales Halógenas	26,280.00	0.4119	10,824.73
Luminarias propuestas LED	3,153.60	0.4119	1,298.97

Fuente: Propia

La instalación de las luminarias propuestas tendrá un significativo ahorro de emisiones de carbono anuales a diferencia del sistema de alumbrado actual con **9,525.76 kgCO₂**, reduciendo en un aproximado de **88%** menos las emisiones de CO₂ al año.

4.3. Análisis de resultados

A partir de las fuentes Atlas Solar del Perú y SENAMHI se logró determinar el potencial solar en la Universidad Ricardo Palma, teniendo un valor promedio anual de irradiación solar de 5.5 – 6.0 kWh/m², tomando para efectos de cálculos la radiación solar más desfavorable, la cual de acuerdo a lo indicado en la Tabla 04.2 es en el mes de junio con un rango de 4.0 – 4.5 kWh/m².

Por hacer un comparativo, Alemania, donde la radiación solar máxima es 3.4 kWh/m², un poco más de la mitad de la existente en Arequipa, están volcados a estas energías renovables desde mucho tiempo atrás.

A pesar de que cuenta con mucho menos recurso solar que Italia, España o Portugal, sin embargo, produce con sistemas fotovoltaicos mucha más

electricidad que estos países, quintuplicando la producción de electricidad de origen fotovoltaico de España.

El área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma, al cambiar su sistema de iluminación, por luminarias LED alimentadas por un sistema fotovoltaico, mejora en lo siguiente:

- a. Desde el punto de vista técnico, los módulos fotovoltaicos a instalar estarán compuestos por 24 luminarias que, por características técnicas, precio y marca serán del tipo Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 de la marca Philips, los cuales consumen **83%** menos potencia y generan **20%** mayor cantidad de lúmenes, mejorando la eficiencia energética de la iluminación del área de estacionamiento.
- b. Desde el punto de vista ambiental, ayuda a la conservación del ambiente con un significativo ahorro de emisiones de CO₂ anuales a diferencia del sistema de iluminación actual, esto se contempla en la Tabla 04.10.
- c. Desde el punto de vista económico, el proyecto tiene una viabilidad económica, al contar con un periodo de retorno de la inversión inicial no mayor a 5 años, logrando generar un ahorro anual de más de 9,000 soles aproximadamente, ya que no se pagaría por concepto de energía eléctrica en la iluminación del área de estudio, al ser la energía solar totalmente gratuita.

4.4. Discusión de los resultados

La alternativa de solución debe ser viable desde el punto de vista técnico, económico, normativo y ambiental para el alumbrado del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma.

El diseño del sistema será de tal modo que no ponga en riesgo a los usuarios de este. Además, se debe ubicar en un lugar sin sombras para mejorar la eficiencia del sistema.

Se deberá seleccionar materiales de larga duración, de marca de reconocida trayectoria y con poca frecuencia de mantenimiento. Los componentes que requieran mantenimiento más frecuente, como las baterías, deberán ser accesibles fácilmente.

Uno de los requisitos que debe cumplir las luminarias, es que su instalación

sea fácil al igual que su mantenimiento, esto quiere decir que los materiales con los que se fabrica la luminaria deben ser adecuados para resistir el ambiente en el cual trabajarán.

A fin de reducir costos, se propone utilizar las estructuras existentes (postes de alumbrado) distribuidos en el área de estacionamiento interno.

Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones generales

En la presente investigación se concluye que la implementación de un sistema fotovoltaico tiene efecto positivo en la eficiencia energética del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma, toda vez que las 24 luminarias propuestas que, por características técnicas, precio y marca serán del tipo Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 de la marca Philips, los consumen **83%** menos potencia y generan **20%** mayor cantidad de lúmenes, mejorando la eficiencia energética de la iluminación del área de estacionamiento.

Siendo la alternativa de solución viable desde el punto de vista técnico, económico, normativo y ambiental para el alumbrado del área de estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma.

5.2. Conclusiones específicas

Conclusión específica 1:

La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en el consumo de energía del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020, ya que, al implementar un sistema de iluminación mediante módulos fotovoltaicos, estaríamos ahorrando un total de **26,280.00 kWh/año** producto del consumo de energía eléctrica de las luminarias actuales, ahorrando el **100%** de energía eléctrica, ya que la energía fotovoltaica es totalmente gratis

Conclusión específica 2:

La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020. ayuda a la conservación del ambiente con un significativo ahorro de emisiones de CO₂ anuales a diferencia del sistema de iluminación actual,

La instalación de las luminarias propuestas tendrá un significativo ahorro de emisiones de carbono anuales a diferencia del sistema de alumbrado actual con

9,525.76 kgCO₂, reduciendo en un aproximado de **88%** menos las emisiones de CO₂ al año.

Conclusión específica 3:

La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en el ahorro económico del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma, toda vez que después de un análisis económico se determinó que la inversión estimada para esta instalación es de S/. 40,000.00, sin embargo, a pesar del elevado costo de la instalación las variables económicas son positivas, las cuales son un valor actual neto (VAN) de S/. 54,647.26 y una tasa interna de rentabilidad (TIR) de 20%. Asimismo, la instalación del sistema resulta rentable, después de determinar el periodo de retorno de la inversión es de 4.4 años, donde al finalizar este tiempo la instalación nos permitirá ahorrar los costos por consumo de energía eléctrica al **100%** ya que no se pagaría por el consumo de energía eléctrica del área de estacionamiento interno.

5.3. Recomendaciones

Para un dimensionamiento a mayor escala teniendo en cuenta que el presente proyecto es viable económicamente, se recomienda instalar una estación meteorológica profesional en la Universidad Ricardo Palma para tener datos con mayor exactitud y esto pueda ayudar a que los cálculos sean más exactos, para poder dimensionar un sistema fotovoltaico de mayor escala.

Rediseñar todo el sistema actual de alumbrado de áreas públicas de la URP, para el mejor aprovechamiento, esto incluiría también la iluminación del cerco perimétrico, lo cual también como se ha demostrado generaría un significativo ahorro económico a la universidad.

El mantenimiento del sistema fotovoltaico es muy bajo comparado con otros sistemas energéticos, pero se debe tener presente que la superficie del panel esté siempre limpia y libre de sombras. El modo adecuado de limpiarlos sería con agua y jabón no agresivo, con la ayuda de una esponja suave.

El cableado del sistema se debe mantener en perfectas condiciones, a fin de evitar sobrecalentamiento de los conductores, para lo cual es recomendable realizar inspecciones periódicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Vargas, U. (2014). *Proyecto de alumbrado público sustentable para la zona centro de la ciudad de Toluca, Estado de México (Tesis de pregrado)*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ángeles, J., De Jesus, J., & Rosales, S. (2009). *Propuesta de alumbrado publico por medio de celdas fotovoltaicas con luminarios tipo leds para la manga municipio de la Yesca en el estado de Nayarit (tesis de pregrado)*. México: Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
- Ayala Gilardón, A. C. (2019). *Modelos para la evaluación y optimización de instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo (tesis doctoral)*. Universidad de Málaga.
- Barboza Cueva, L. A. (2019). *Análisis para la dotación de energía fotovoltaica para autoconsumo de la Institución Educativa Cristo Rey - Chiclayo (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Best, J. W., & Kahn, J. V. (2013). *Research in Education: Pearson New International Edition* (Decima ed.). Reino Unido: Pearson Education Limited.
- BID. (2014). *Study on the development of the renewable energy market in Latin America and the Caribbean*. Worldwatch Institute.
- BID. (2016). *¿Luces encendidas? Necesidades de Energía para América Latina y el Caribe al 2040*. BID.
- Bloomberg New Energy Finance. (2018). *2017 League Tables: Clean Energy & Energy Smart Technologies*.
- BP. (2019). *BP Statistical Review of World Energy*. BP .
- Carbon Tracker. (2016). *End of the load for coal and gas? . Carbon Tracker*.
- CEPSA. (2015). *El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa*. CEPSA.
- COES. (2019). *Memoria Anual del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional*. COES.
- Crown Agents. (2017). *The Solar Revolution*. Crown Agents.
- Cruceira Fultan, E. P. (2019). *Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica en el edificio de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Técnica del Norte (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica del Norte.

- de Alvarado, E., de Canales, F., & Pineda, E. (1994). *Metodología de la investigación* (Segunda ed.). Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud.
- Delta Volt. (2018). *Energía Renovable - Solar, Eólica e Hidráulica*. Obtenido de <http://deltavolt.pe/>
- ENEL. (19 de Abril de 2018). *Rubí, energía solar para una nueva era*. Obtenido de <https://www.enel.pe/es/quienes-somos/a201612-rubi.html>
- Energiza. (2018). *Historia de la energía solar fotovoltaica*. Obtenido de <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/624-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica>
- Fernández Salgado, J. M. (2009). *Tecnología de las Energías Renovables*. España: Mundi Prensa.
- Flores. (2011). *La energía fotovoltaica para la reducción en el costo de la energía eléctrica, para el laboratorio de automatización en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Cesar Vallejo - Trujillo (tesis de pregrado)*. La Libertad, Perú: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Fraunhofer ISE. (2015). *Current and Future Cost of Photovoltaics. Long-term Scenarios for Market Development, System Prices and LCOE of Utility-Scale PV Systems*. Alemania: Agora Energiewende.
- Grupo de Nuevas Actividades Profesionales. (2002). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & P., B. L. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). McGraw-Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.
- Hurtado González, A. (2015). *Influencia del alumbrado público sobre la seguridad y la conducta (tesis doctoral)*. España: Universidad de Granada.
- Hurtado, L., & Toro, J. (2005). *Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio* (Quinta ed.). Venezuela: Episteme Consultores Asociados C.A.
- Lamparadirecta.es. (s.f.). *¿Qué son los Lumen y los Lux?* Obtenido de <https://www.lamparadirecta.es/blog/lumen-y-lux>
- Lazard. (2017). *Lazard's levelized cost of energy analysis*. Lazard.
- Lumisolar. (s.f.). *Lumisolar*. Obtenido de <https://www.lumisolar.pe>

- Méndez Muñiz, J., & Cuervo García, R. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica* (Setima ed.). FC Editorial.
- Ministerio de Energía y Minas. (2014). *Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA) en los sectores de generación de energía y su uso final en el Perú*. MINEM.
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético - Edificios Públicos*. Dirección General de Eficiencia Energética.
- Ministerio de Energía y Minas. (03 de Marzo de 2021). *Eficiencia energética*. Obtenido de <http://eficienciaenergetica.minem.gob.pe/es-pe/pagina/eficiencia-energetica>
- Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *La huella de carbono y eficiencia energética*. Ministerio de Energía y Minas.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *La Contribución Nacional del Perú - iNDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable*. Dirección General de Cambio Climático Desertificación y Recursos Hídricos.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible e indicadores*. MINAM.
- Muñoz, H. W. (2019). *Diseño de sistema fotovoltaico centralizado para suministrar energía eléctrica al fundo Palo Blanco - Oberazal, Llama, Chota - Cajamarca - 2017 (tesis de pregrado)*. Universidad César Vallejo - Facultad de Ingeniería.
- Organización de Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Pardinas, F. (1993). *Metodologías y técnicas de investigación en ciencias sociales*. Argentina: Siglo XXI.
- Pareja Aparicio, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada* (Segunda ed.). España: Marcombo S.A.
- Parrales Pincay, M. A. (2020). *Estudio de factibilidad del sistema de iluminación LED mediante energía solar para la renovación del área deportiva universitaria y de la carrera de ingeniería en computación y redes de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (tesis de pregrado)*. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Perpiñán Lamigueiro, O. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. Creative Commons.
- Pino, M. (2015). *Análisis de la reducción del costo de consumo de energía eléctrica usando un sistema de paneles fotovoltaicos en los laboratorios de la facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNSM - T (Tesis de pregrado)*. San

Martín, Perú: Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.

REN21. (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. REN21.

Reyes Angeles, E. C. (2019). *Propuesta de uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica y mejora de la eficiencia energética en la Universidad ESAN (Tesis de pregrado)*. Universidad ESAN.

Sánchez Maza, M. (2014). *Energía Solar Fotovoltaica* (Primera ed.). España: Limusa.

Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., . . . Subiela, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética* (Primera ed.). España: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

SENAMHI - MEM. (2003). *Atlas de Energía Solar del Perú*.

Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A., & Vilches, C. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país* (Primera ed.). Perú: Osinergmin.

Tames, E. (2009). *Estudio de electrificación con energía solar plaza pública distrito de Llauta-Lucanas-Ayacucho (tesis de maestría)*. Perú: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.

Trespalacios, J., & Blanquicett, C. C. (2018). *Gases y efecto invernadero*. IDS de la Universidad del Norte.

Valdiviezo Supo, K. R. (2021). *Diseño de sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad de Piura (tesis pregrado)*. Universidad de Piura.

Valera Villegas, R. (1997). *Evaluación económica de proyecto de inversión* (Sexta ed.). Grupo Editorial Iberoamericana.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema Principal	Objetivo General	Hipotesis General	Variable Independiente	Indicador V.I.	Variables Dependientes	Indicador V.D.
¿En qué medida la implementación de un sistema fotovoltaico influye en la eficiencia energética del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020?	Determinar en que medida la implementación de un sistema fotovoltaico influye en la eficiencia energética del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.	La implementación de un sistema solar fotovoltaico tiene efecto positivo en la eficiencia energética del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020	Sistema fotovoltaico	Módulo fotovoltaico	Eficiencia energética	Consumo de energía Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) Ahorro Económico
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipotesis Específicas				
¿En qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en el consumo de energía del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020?	Determinar en que medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en el consumo de energía del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.	La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en la reducción del consumo de energía del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.				
¿En qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020?	Determinar en que medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.	La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.				
¿En qué medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en el ahorro económico del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020?	Determinar en que medida la implementación de módulos fotovoltaicos influye en el ahorro económico del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020.	La implementación de módulos fotovoltaicos tiene efecto positivo en el ahorro económico del alumbrado del estacionamiento interno de la Universidad Ricardo Palma en el 2020				

Anexo 2: Matriz de operacionalización

Variable Independiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Instrumento	Item
Sistema fotovoltaico	Módulo fotovoltaico	Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua.	Sera medido a través de la revisión y análisis documental de información económica financiera de la empresa	Paneles solares	Número de paneles solares, especificaciones técnicas. Calculo de radiación solar.	
Variable Dependiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Instrumento	Item
Eficiencia Energética	Consumo de energía	Es un conjunto de acciones o medidas orientadas a utilizar la energía de manera óptima, sin afectar los niveles de producción o servicios que dependen de ella, obteniendo importantes beneficios para la economía y calidad ambiental, debido a la reducción del consumo de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).	Sera medido a través de la revisión y análisis documental de información económica de la universidad	Cantidad de Kilowatts por hora consumida	Mediciones de consumo de energía por mes	
	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	producción o servicios que dependen de ella, obteniendo importantes beneficios para la economía y calidad ambiental, debido a la reducción del consumo de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).		Emisiones de CO ₂	Cálculo de emisiones de CO ₂	
	Ahorro económico			Precio de kW en soles	Recibo de luz Cuadro comparativo de costos	

Anexo 3: Protocolos o instrumentos utilizados

3.1. Plano de ubicación de la Universidad Ricardo Palma.



Figura 05.1. Ubicación de la Universidad Ricardo Palma

Fuente: *Google Earth*

Distrito: Santiago de Surco

Provincia: Lima

Departamento: Lima

Coordenadas: 12°07'52.89" S 76°58'47.48"

3.2. Planimetría de la Universidad Ricardo Palma.

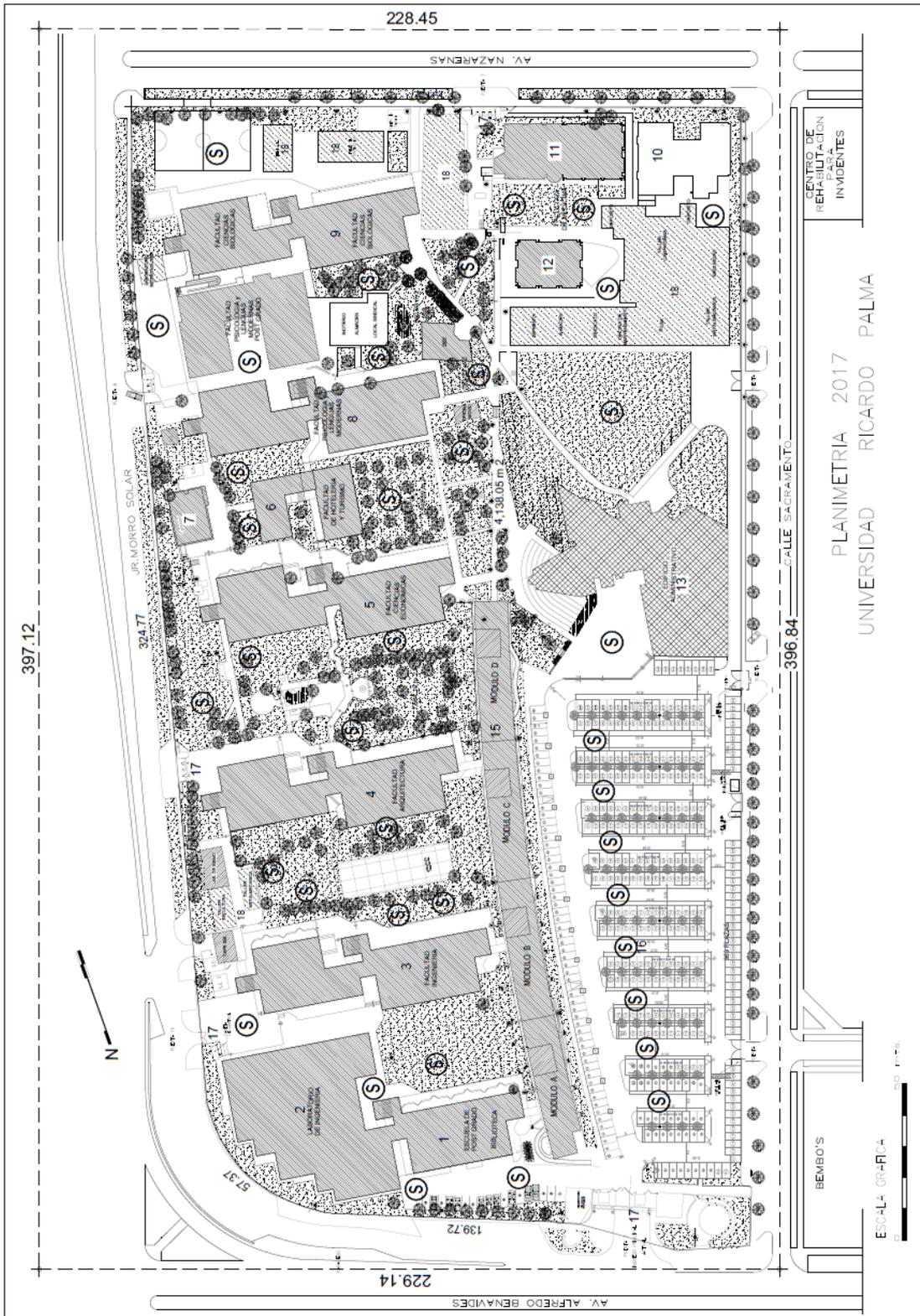


Figura 05.2. Planimetría de la Universidad Ricardo Palma

Fuente: Universidad Ricardo Palma

3.3. Ficha técnica de las luminarias actualmente instaladas.

El reflector CONTEMPO L es compacto y robusto, pesa 7.7 kg. y es resistente a la intemperie. Está diseñado para aplicaciones decorativas o de alumbrado de áreas exteriores y utiliza una lampara de Halogenuros Metálicos HPI-T 250 W.



Descripción

Reflector compacto, robusto y resistente a la intemperie, diseñado para aplicaciones decorativas o iluminación de áreas.
Disponibile en dos versiones de ópticas: Simétrica y asimétrica.
Puede usar diferentes tipo de lámparas como: HPI-T o SON-T 250W o 400W.
Fácil instalación y mantenimiento con alto grado de protección: IP65



Aplicaciones

Industrias, parques, fachadas, canchas deportivas, letreros, etc.



PHILIPS

Figura 05.3. Ficha técnica de la Luminaria CONTEMPO L

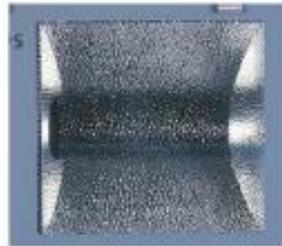
Fuente: Philips

Luminaria CONTEMPO L

Características



Carcasa
aluminio inyectado
acabado en color gris
altorelieve PHILIPS



Optica
dos versiones: asimétrico y
simétrico
aluminio martillado



Equipo de encendido
integrado dentro del reflector



Prensaestopa
grado de protección IP65

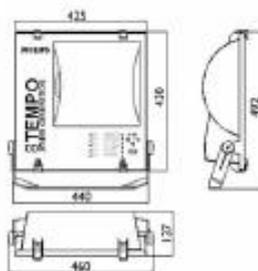


Brazo soporte
5 perforaciones para anclaje
tapa de nylon para pernos de ajuste
marcas para graduar ángulo de
inclinación



Vidrio de protección
cristal delantero templado
clips de bisagra para rápida liberación
para mantenimiento de lámpara y
equipo de encendido

Dimensiones



Medidas en mm.

Datos Técnicos

MODELO	LAMPARA	EQUIPO DE ENCENDIDO	PESO
Contempo L	HPI-T 250W	Balasto Mercurio Ignitor SI 51	7.7 kg
	HPI-T 400W	Condensador	8.8 kg
	SON-T 250W	Balasto Sodio Ignitor SN 58	8.6 kg
	SON-T 400W	Condensador	10.4 kg



Philips Peruana S.A.
ODI, Torre Parguamar - Av. Larco 1301 Piso 4 Lima 18 - Miraflores
www.philips.com
Teléfono: 610-6200 Fax: 610-6267

PHILIPS

Figura 05.4. Ficha técnica de la Luminaria CONTEMPO L

Fuente: Philips

3.4. Características de las luminarias propuestas



Kit de iluminación del panel solar.

Reflector solar SmartBright

Kit DIY de iluminación de flujo solar con batería de ferro-fosfato de litio integrada en la luminaria, panel solar plegable dividido, control remoto y accesorios de instalación. IP 66, IK 07, construcción de aluminio extruido para mayor firmeza y larga duración. Elección de paquetes de cuatro lúmenes: 1000, 2000, 3000, 4800 lúmenes

Beneficios

- Todos los componentes se incluyen en una caja (hágalo usted mismo)
- Fácil de configurar según la necesidad del cliente.
- Duradera.
- Panel solar para aplicaciones de exterior amplias donde la conexión eléctrica no es posible o es difícil.

Características

- Gama de reflector solar de 4 productos (equivalente a reflectores de halógeno de 100 W, 200 W, 300 W y 500 W respectivamente)
- Controlador remoto infrarrojo para atenuar los luminarios con tres preconfiguraciones (baja, media y alta)
- Carcasa de fundición de aluminio
- Panel solar plegable
- Batería LiFePO4 incluida en el luminario.

Figura 05.5. Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips

Fuente: Philips

Reflector solar SmartBright

Aplicaciones

- Armonidades
- Seguridad
- Paisajes
- Estacionamiento
- Hogares individuales
- Zócalo
- Iluminación arquitectónica

Advertencias y seguridad

- Este producto incluye baterías recargables que deben cargarse adecuadamente bajo la luz solar antes de usar.

Versións



Controles y regulación	
Regulable	Atenuación inalámbrica
Información general	
Índice Índice de reproducción cromática	>70
Datos técnicos de la luz	
Color	RAL 9007

Información general

Order Code	Full Product Name	Índice corr. Temperatura de color
911401859681	BVP080 LED30/757 060	5700 K
911401859781	BVP080 LED20/757 100	5700 K

Order Code	Full Product Name	Índice corr. Temperatura de color
911401859881	BVP080 LED30/757 150	5700 K
911401859981	BVP080 LED40/757 200	- K

Figura 05.6. Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips

Fuente: Philips



Reflector solar SmartBright

BVP080 LED30/757 150

Kit DIY de iluminación de flujo solar con batería de ferro-fosfato de litio integrada en la luminaria, panel solar plegable dividido, control remoto y accesorios de instalación. IP 66, IK 07, construcción de aluminio extruido para mayor firmeza y larga duración. Elección de paquetes de cuatro lúmenes: 1000, 2000, 3000, 4800 lúmenes

Advertencias y seguridad

• Este producto incluye baterías recargables que deben cargarse adecuadamente bajo la luz solar antes de usar.

Datos del producto

Funcionamiento de emergencia	
Controlador incluido	Si
Tipo de cubierta/lente óptico	Reflector
Materiales	Aluminio
Mecánicos y de carcasa	
Tipo de batería	Litio ferrofosfato
Voltaje de la batería	12,8 V
Tipo de panel	Policristalino
Voltaje del panel	12 V
Potencia en vatios máxima del panel	30 W
Kit de conexión por cable	Incluye
Controles y regulación	
Con regulación de intensidad	Atenuación inalámbrica
Capacidad de configuración	Configurable

Datos técnicos de la luz	
Longitud total	306 mm
Ancho total	310 mm
Altura total	76 mm
Color	RAL 9007
Aprobación y aplicación	
Código de protección de ingreso	IP66 [Protección contra el ingreso de polvo, a prueba de chorro de agua]
Código de protección de impacto mec.	IK07 [2 J reforzado]
Información general	
Initial luminous flux (system flux)	3000 lm
Temperatura de color correlacionada inic.	5700 K
Init. Color Rendering Index	>70

Figura 05.7. Ficha técnica del Reflector solar SmartBright – BVP080 LED30/757 150 Philips

Fuente: Philips

Anexo 4: Formato de protocolos o instrumentos utilizados

4.1. Geovisor Cartográfico de SENAMHI

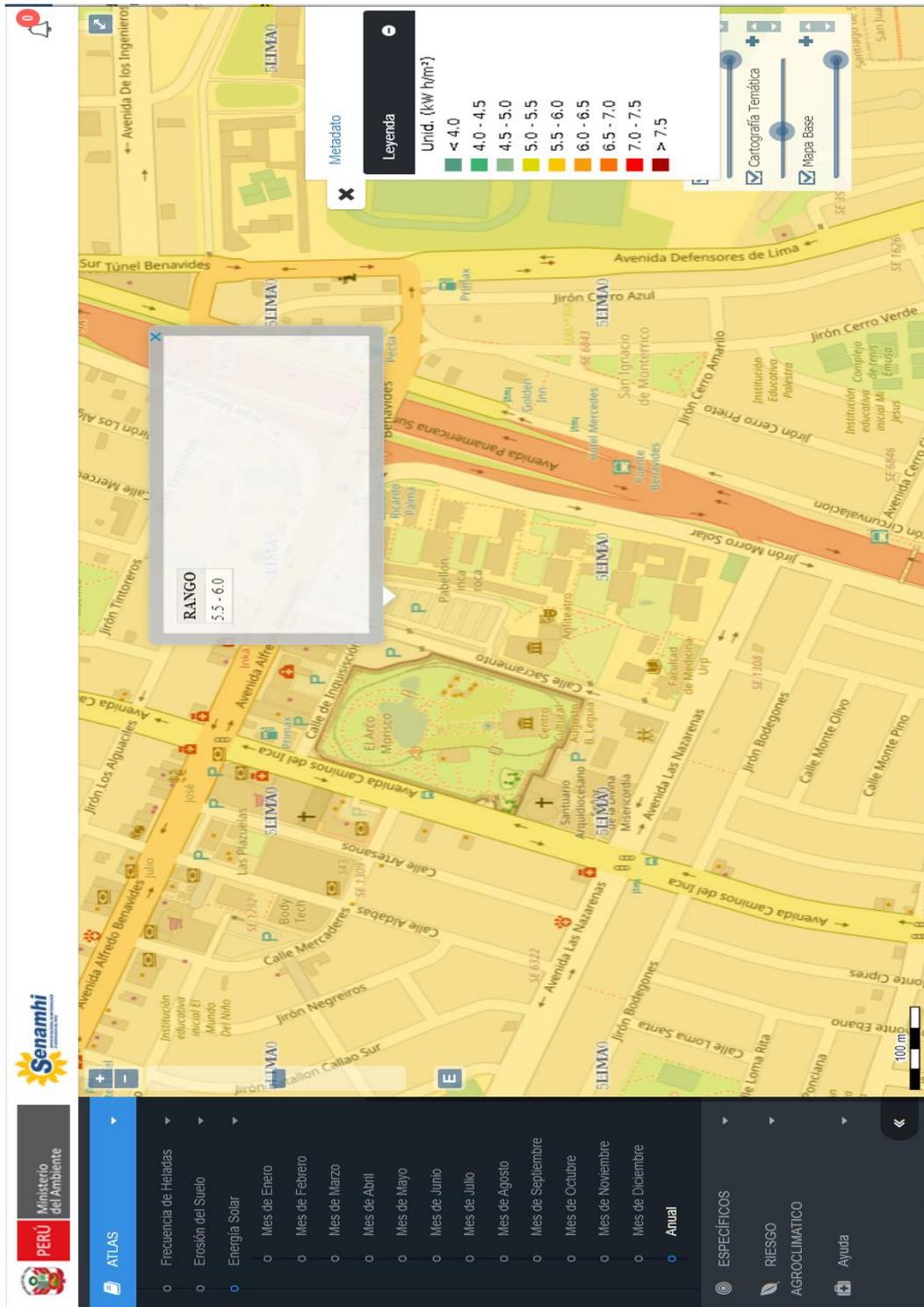


Figura 05.9. Radiación Solar en el área del estacionamiento interno Universidad Ricardo Palma

Fuente: Geovisor Cartográfico de SENAMHI

4.2. Tabla de equivalencias entre los distintos sistemas de iluminación

LUMENES	LED	HALÓGENA	BAJO CONSUMO	HALOGENURO METÁLICO	VAPOR SODIO	VAPOR SODIO SIN BALASTO	INDUCCIÓN	VAPOR MERCURIO
200	3W	20W	8W					
400	5W	35W	12W					
600	7W	50W	15W					
800	9W	75W	18W					
1.000	11W	100W	21W					
1.200	15W	120W	30W					
1.600	18W	150W	40W					
2.200	24W	220W	55W					
3.200	36W	320W	75W					
5.400	60W	450W	120W		100W +BALASTO	300W		
7.000	80W	500W	160W		120W +BALASTO	380W		
9.000	100W	550W	180W		150W +BALASTO	450W		150 +BALASTO
11000	120W	800W	240W		200W +BALASTO	600W		
14.000	150W	950W	300W	160W +BALASTO	220W +BALASTO	700W	100W	250 +BALASTO
15.000	160W	1.000W	320W		250W +BALASTO	750W	150W	
20.000	200W			250W +BALASTO			160W	400 +BALASTO
25.000	250W						200W	
30.000	300W			400W +BALASTO				
VIDAUTIL (HORAS)	50.000	1.000/2.000	10.000	10.000	24.000	24.000	60.000A 100.00	7.000
Depreciación de la luz a 2000 HORAS	5%	100%		40%	30%	30%	5%	45%

Figura 05.10. Tabla de equivalencias entre los distintos sistemas de iluminación

Fuente: <https://www.ledsolintel.com/es/content/9-equivalencias-led>