



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“Diseño de un sistema de energía fotovoltaica para el suministro  
de energía eléctrica al pabellón ‘A’ de la Universidad César  
Vallejo Piura”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

Br. Haro Sánchez, Hamilton Javier (ORCID: 0000-0002-3979-6814)

**ASESOR**

MSC. Ing. Seminario Atarama, Mario Roberto (ORCID: 0000-0002-9219-3650)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Gestión empresarial y productiva

**PIURA - PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres: NORMA Y GABRIEL. Quienes con su abnegación y comprensión fueron los fieles e incesantes colaboradores que hicieron posible la culminación de mi anhelada profesión; a ellos mi eterna gratitud.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad César Vallejo y a todos nuestros profesores que han contribuido al desarrollo de nuestra formación profesional.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	18
3.2. Variables, operacionalización .....	18
3.3. Población y muestra .....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ...	20
3.5. Procedimientos .....	21
3.6. Métodos de análisis de datos.....	22
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS.....	23
V. DISCUSIÓN.....	29
VI. CONCLUSIONES .....	31
VII. RECOMENDACIONES.....	32
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	33
ANEXOS .....	37

## **INDICES DE TABLAS**

Tabla 1:Operacionalización de la variable .....	19
Tabla 2: Población y muestra .....	20
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
Tabla 4: Resumen de consumo.....	23
Tabla 5: Opciones del sistema fotovoltaico .....	27
Tabla 6: Costo .....	28

## **INDICES DE GRAFICOS**

Gráfico 1: Distribución porcentual de consumo de energía eléctrica.....	23
---	----

## RESUMEN

En el presente desarrollo se ha diseñado un sistema de energía fotovoltaica para dotar de energía a las cargas más relevantes del pabellón "A" de la universidad César Vallejo, mediante el tipo de investigación aplicada, con nivel descriptivo y cuyo diseño es no experimental. En la identificación de las cargas más relevantes se pudo registrar que las oficinas del Datacenter, oficinas de comunicaciones, oficina de registros académicos y oficina de caja, los cuales conforman la muestra, son de gran importancia pues concentran gran parte de la labor administrativa y operativa del Pabellón. Se ha determinado que el sistema de energía fotovoltaica que cumple los requisitos del diseño, bajo el marco de energías renovables, son: paneles fotovoltaicos, inversores y baterías. Por conveniencia de la instalación, se han agrupado las cargas en dos: la primera reúne a la carga del Datacenter y la oficina de registros académicos; la segunda, a las cargas de las oficinas de comunicaciones y oficinas de caja. Ambos grupos conforman una potencia instalada de 22.3 kW y se ha considerado el consumo de energía, con un factor de reserva del 20%, en 83.34 kWh. Se concluyó que se requieren de 75 paneles fotovoltaicos, 56, baterías y 2 inversores trifásicos. El costo del sistema por las cantidades dimensionadas es de 146 391.23 soles. Este costo también incluye el costo de los soportes para los paneles fotovoltaicos y el costo de la mano de obra por instalación.

Palabras claves: Sistema fotovoltaico, energía alternativa, energía fotovoltaica.

## ABSTRACT

In the present development, there was designed a photovoltaic energy system for giving energy to the most important loads of the Building "A" of the University Cesar Vallejo, using the applied investigation type, with descriptive level and a non experimental design. In the identification process it was mentioned the Datacenter office, the communication offices, the academic register office and the invoice office, which conform the sample, are recognized as the most important offices because they concentrate most of the administrative and operative work. There was determined that the photovoltaic energy system which match the design requirements, under the concept of renewable energies, are: photovoltaic cells, inverters and batteries. Because of the installation, the loads were grouped into two sides: the first one contains the load of Datacenter and academic register office; the second one, loads of the communication office and invoice office. Both groups together have an electric power of 22.3 kW and there was considered the energy consumption, with 20% of security factor, in 83.34 kWh. Finally, it was concluded that are required 75 photovoltaic cells, 56 batteries and 2 inverters. The system cost considering all the amounts seen previously is 146 391.23 soles. This cost also includes the cost of support structures for photovoltaic cells and the labor costs associated to this installation.

Tags: Photovoltaic system, alternative energy, photovoltaic energy

## I. INTRODUCCIÓN

Estudios realizados por el Instituto del Perú y la Universidad San Martín (2013), afirman que las empresas de distribución de Lima y Callao a mención Luz del Sur y Edelnor, presentan niveles de calidad de servicio que se comparan con cualquier metrópoli de América Latina; generando una brecha creciente entre Lima y las demás regiones del país, cuyas evidencias se registran en los niveles de índices de frecuencia (SAIFI) y duración (SAIDI) de las interrupciones de suministro de energía eléctrica sustantivamente menores en las empresas de la capital en relación a las provincias del Perú. Las interrupciones del sistema eléctrico afectan significativamente la paralización de los procesos industriales y rutinarios, ocasionando pérdidas para las empresas, como son postergación de la producción, trabajadores no operativos en horas de trabajo, deterioro de productos o insumos en el proceso de operaciones, pérdida para la empresa proveedora del servicio eléctrico (SALAS, 2013). De lo anterior se puede inferir que un suministro deficiente de energía eléctrica reflejado en las interrupciones, ocasiona incremento en costes adicionales en los sectores productores de bienes o servicios o limiten sus actividades productivas.

Actualmente la Universidad César Vallejo de Piura, carece de un respaldo de energía alternativa del cual se pueda hacer uso en caso de interrupciones del fluido eléctrico, de la red interconectada con Enosa, lo cual limita el desenvolvimiento de las actividades académicas y además genera la incomodidad de la comunidad universitaria, siendo lo más sensible en estos eventos de interrupción de energía eléctrica, lugares como: Oficinas administrativas, caja, registros académicos y la zona donde está ubicado el data center, además de ello, estas interrupciones de energía generan tiempos de espera no solo los propios a la duración de este, sino también el tiempo de restablecimiento y hasta a veces la configuración de sistema operativo de la universidad, lo cual es ejecutado por el área de soporte (OTI). Si no se cuenta con un sistema de energía alternativa la suma de tiempos muertos, reemplazo de equipos por daños y lucro cesante administrativos y económicos seguirán en aumento.

Guzmán (2014), considera que el potencial de Piura es amplio, a causa de la variedad de recursos que posee; asimismo sus niveles de radiación solar presentan poca variación a lo largo del año, esto permite que a través de sistemas fotovoltaicos se puede generar electricidad o energía térmica mediante colectores solares, además las zonas de Paita y Talara donde los valores de la velocidad del viento y su frecuencia, así como sus características geográficas permiten altos niveles de suministro de energía. Asimismo, Huisa (2013) menciona que las celdas fotovoltaicas permiten aprovechar de manera local e inagotable la energía irradiada en toda la superficie terrestre. La ventaja de este tipo de energía es que no emplea partes móviles complejas ni tampoco emplea combustible fósil lo cual es compatible con las políticas medioambientales actuales. Para zonas urbanas, la incorporación de esta tecnología también cuenta con beneficios; los edificios y estructuras de las ciudades pueden ser utilizados para la ubicación de los sistemas de energía fotovoltaica para armonizar con la estética y a la vez reducir el ruido y las emisiones de gases de otros sistemas de generación eléctrica, por lo tanto, estas ventajas logran un incremento en el bienestar y mejoramiento de la calidad de vida la sociedad.

Ante esta situación, en el presente estudio se pretende elaborar un Diseño de un sistema de energía fotovoltaica para dotar de energía eléctrica alternativa al pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura, aprovechando el uso de energía solar como alternativa sostenible en el contexto, cuya implementación a futuro será de impacto en el mejoramiento de la calidad en los procesos de gestión que se realiza esta casa de estudios. Se estableció como pregunta de investigación ¿Cómo diseñar un sistema de energía fotovoltaica que permita suministrar de energía eléctrica al pabellón A de la Universidad César Vallejo –Piura?

Con respecto a las preguntas específicas se tuvo: ¿Qué cantidad de energía en kilowatt hora, se requieren en las oficinas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura?, ¿Cuáles son los componentes del diseño del sistema de energía fotovoltaica que se ajusta en la generación eléctrica de las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura?, ¿Cuál es el costo de la implementación del sistema de energía fotovoltaico?

La investigación se justifica porque se pretende mostrar a través de este desarrollo, el gran impacto de la energía fotovoltaica en la sociedad beneficiando directamente a la universidad donde se realizó esta investigación gracias al uso de energía solar. Al contar con un sistema de respaldo de energía eléctrica se garantiza que, ante los diferentes cortes del suministro eléctrico que se puedan presentar, el fluido eléctrico en las instalaciones críticas se mantendrá y las operaciones continuarán con su flujo normal. Este respaldo de energía fotovoltaica, además de proteger el sistema ante cortes intempestivos del suministro eléctrico, también reduce el consumo de energía pues en presencia de luz solar, aportará con energía eléctrica a la demanda de las cargas conectadas. En adición a lo anterior, entrega como valor agregado aumentar el nivel de vida y el desarrollo económico, objetivo de todo grupo social que suscite la mejora de la población además de contribuir con la sostenibilidad del medio ambiente. Cabe mencionar, que los proyectos de utilización de energía solar a través de celdas fotovoltaicas para realizar actividades de cualquier naturaleza son viables, rentables, sostenibles y no contaminan el medio ambiente.

Adicionalmente, desde el punto de vista económico, con el uso de sistemas fotovoltaicos se podrá reducir costos a largo plazo en cuanto al ahorro de energía eléctrica y de ser puesto en marcha este estudio, se puede extender a otras áreas de la universidad logrando así un mayor ahorro.

Piura cuenta con las condiciones climatológicas para impulsar este tipo de energía, es por ello que se debe dar mayor énfasis al uso de energía fotovoltaica, siendo la segunda ciudad con mejor índice de irradiancia después de Arequipa. Los últimos fenómenos propios del calentamiento global, han generado el aumento de conciencia por parte de la población debido al gran impacto que causa en el ser humano, es por ello que se debe impulsar el uso de energía alternativa con la finalidad de contribuir en la reducción de la contaminación medio ambiental.

El diseño de un sistema de energía alternativa demostrará que la implementación permitirá el aprovechamiento de la energía fotovoltaica, por lo que contribuirá con el cuidado del medio ambiente además de ello se alinea con el programa de

implementación de políticas medioambientales de la Universidad César Vallejo según Resolución de Consejo Universitario N°087-2016 I UCV.

Este trabajo presenta el diseño de un sistema fotovoltaico que proporcione la energía necesaria para que las oficinas de la data center, los dos cuartos de comunicación, oficina de registros académicos y oficina de caja, ubicados en el pabellón A de la Universidad César Vallejo, en la provincia de Piura, funcione y brinde la energía eléctrica necesaria para el desarrollo de las operaciones más relevantes, las cuales fueron determinadas con el uso de las técnicas y herramientas. El desarrollo de este proyecto de investigación también busca que el diseño de un sistema de energía fotovoltaica ayude a mitigar el riesgo de daños en los equipos de alto valor de la data center, asegurar que las labores administrativas y académicas sean sostenidas en sus funciones más críticas y que además la oficina de caja siga generando valor económico para la institución y el personal logre altos estándares de eficiencia. Con referencia al objetivo general se estableció el Diseñar un sistema de energía fotovoltaica para dotar de energía eléctrica a las oficinas del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo –Piura.

Por otro lado, los objetivos específicos son: Cuantificar en unidades kilowatt hora las cargas más relevantes del pabellón “A” de la universidad César Vallejo-Piura, establecer los componentes del diseño del sistema de energía fotovoltaica que se ajusta a la generación de energía eléctrica para las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura, determinar el costo del sistema fotovoltaico para las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura.

## II. MARCO TEÓRICO

Valdiviezo (2014) presentó un diseño de un sistema de energía fotovoltaica para brindar energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la Pontificia Universidad Católica del Perú en Lima. Tuvo como objetivo fomentar el uso de la energía renovable en la comunidad universitaria detallando las partes de un sistema de energía fotovoltaica y describiendo los requisitos necesarios y condiciones que debe cumplir el sistema de energías fotovoltaicas para su correcto funcionamiento tales como: las celdas fotovoltaicas, el controlador de carga, las baterías y el inversor. En la investigación mencionada se detalla la manera en cómo se capta la energía fotovoltaica y se transforma en energía eléctrica para su posterior almacenaje y aprovechamiento. En sus principales conclusiones se afirma que la factibilidad de un proyecto de estas características no sólo debe estar supeditado a una decisión económica sino a los beneficios como el impacto medioambiental, la imagen institucional y la sostenibilidad.

Vilca y otros (2013) presentaron la investigación relacionada a la implementación del Sistema electrónico de energía solar para Saga Falabella Open Plaza. Uno de los objetivos fue la implementación de un método electrónico a base de energía fotovoltaica. Sus conclusiones fueron las siguientes: se logró la reducción en la facturación mensual del consumo eléctrico en 50%, se afirmó que la metodología propuesta puede resultar de utilidad, no sólo en la fase de diseño, sino también en las de seguimiento y evaluación de esta aplicación. Para la realización de la investigación se emplearon paneles solares traslucidos, de esta forma se resolvió el problema de aislamiento (Voltaje en corto circuito  $V_{eo} = 0$ ) en épocas de lluvia, el cual se pudo resolver utilizando tedar que es un aislante eléctrico que sirve para proteger a los paneles solares de la humedad.

Cornejo (2013) presentó la investigación relacionada al Sistema solar Fotovoltaico de conexión a Red en el centro Materno Infantil. Uno de los objetivos fue analizar el beneficio de la energía fotovoltaica con el fin de instalar un sistema con mínimas pérdidas de energía eléctrica. El método de investigación fue experimental. Obteniéndose las siguientes conclusiones: los paneles solares ligados a red de electricidad de repartición, es un modo de aumentar la energía eléctrica el medio,

con el fin de influir en el progreso de la calidad de subsistencia de la población, puesto que genera una energía limpia que no contamina el medio ambiente, además no produce gases de efecto invernadero.

Mastache (2015) desarrolló una propuesta de sistema de respaldo para la energía eléctrica mediante el uso de energía fotovoltaica transformada en energía eléctrica a través de paneles solares. Este respaldo se propuso para implementar en la empresa "Muebles Pepe S.A." ubicada en la delegación Tláhuac dentro de la ciudad de México. Su objetivo principal fue desarrollar una metodología de implementación de sistemas de cogeneración de energía renovable mediante el uso de paneles fotovoltaicos. Su conclusión más resaltante se refiere a la necesidad actual de sistemas de generación eléctrica renovables y alternativos a la generación con combustible fósil pues la demanda eléctrica ha incrementado en los últimos años.

Ávalos (2016) presentó la investigación para dotar de energía fotovoltaica al Gran Hotel en la provincia de San Ignacio, Cajamarca. El objetivo principal fue el de diseñar un sistema de energía fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica al servicio habitacional Gran Hotel en la provincia de San Ignacio. El diseño de investigación fue no experimental – descriptiva. Las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos fueron: investigación bibliográfica y observación directa. En este desarrollo se concluyó que las causas que influyen en un deficiente servicio al cliente, y en consecuencia a una decaída imagen institucional, se generan por problemas en la energía eléctrica tales como: cortes frecuentes, duración prolongada de los cortes y falta de un sistema de respaldo para la energía eléctrica convencional.

A continuación, se presentan los principales tipos de energía alternativa que se ha desarrollado bajo el marco de energías renovables. Así mismo, se describe en cada uno de ellos la fuente de energía y sus principales aplicaciones.

Por lo general a las energías alternativas se les conoce como energías renovables. Las energías alternativas constituyen la solución para el problema que el planeta enfrenta en la actualidad debido a distintos factores como el calentamiento global, las emisiones de CO<sub>2</sub>, y en consecuencia el cambio climático. La oportunidad que

nos brinda es legar a las siguientes generaciones un mundo que pueda ser ambientalmente autosostenible para la constante evolución de la humanidad.

El concepto de energía alternativa implica un concepto de energía industrializada libre de contaminantes, también llamada energía verde o energía renovable. Para especificar el término de energía alternativa se considera a toda aquella energía renovable obtenida de los recursos naturales o fuentes inagotables, como la fuerza del aire, la fuerza del agua, la radiación solar, entre otras, las cuales no generan contaminación medioambiental al ser producidas.

Teniendo en cuenta que la energía se puede obtener de varias fuentes y a la vez puede ser transformada en energía eléctrica, existen sistemas en la actualidad que convierten la energía del viento, agua o energía solar, en energía eléctrica. (FACTOR ENERGIA, 2016).

La energía eólica se considera como la fuerza del viento que es convertida en energía eléctrica mediante generadores. Los generadores de 3, 4 o 5 aspas que ya son ampliamente utilizados se ubican en los parques eólicos pues se distribuyen en un arreglo y se conectan a grandes generadores eléctricos cuyo mecanismo funciona cuando el viento mueve las aspas y se genera la electricidad. (Kazimierczuk, 2019)

En cambio, la energía hidroeléctrica es el tipo de energía más utilizada en la actualidad. Su mecanismo se basa en la energía potencial del agua en una caída libre que sirve para rotar los generadores y de este modo generar energía eléctrica. Esta generación se suele ubicar en grandes instalaciones acompañadas de represas para direccionar el agua y poder aprovechar de mejor manera la energía potencial. (Contreras y otros, 2020)

Otros tipos como la energía por biomasa, la energía por biogás, energía del mar o la energía geotérmica emplean diferentes fuentes de energía mecánica y térmica que pueden ser aprovechadas para generar energía eléctrica.

También se considera la energía solar como la energía que convierte la energía recibida a través de placas solares donde se absorbe la radiación solar y se transforma en energía eléctrica que puede ser almacenada o entregada al circuito de red de la instalación eléctrica.

La energía solar puede generar energía eléctrica mediante dos formas: La primera se denomina energía fotovoltaica, mediante el uso de paneles solares y la segunda energía térmica, captada a través de recipientes que almacenan calor.

Por otro lado, Méndez (2016) define a la energía fotovoltaica como: “el efecto fotoeléctrico o fotovoltaico, que se fundamenta en la transformación de la luz en electricidad. Este procedimiento se consigue con algunos materiales que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones”.

Otro aporte importante es la que hace Arena Sánchez (2013) quien indica que: “la energía eléctrica es derivada de la transformación de la energía solar mediante las células solares, que establecen parte esencial de los sistemas fotovoltaicos que facilitan el uso de esta energía eléctrica en distintas aplicaciones”.

Mientras que para Méndez (2016) indica que: “el efecto fotovoltaico se fundamenta en la capacidad de los electrones de un material para estimular y proveer a un nivel de energía más elevado o superior. La diferencia entre los niveles, denominada gap, puede salvarse en determinados materiales denominados semiconductores mediante los fotones que componen la radiación solar”.

Por lo mencionado, la energía fotovoltaica es la transformación de la energía solar y esto se logra a través de materiales especiales que tienen la capacidad de convertir los fotones en electrones. Para la transformación de la energía solar, se usa sistemas fotovoltaicos. Cabe mencionar que la energía fotovoltaica es renovable, por lo tanto, contribuye con el cuidado del medio ambiente. (Goncalves y Orestes, 2017)

La energía eléctrica es formada gracias a la derivación de la energía solar, claro está que, este procedimiento permite la absorción de fotones para formular electrones.

Para Muñoz (2015), el uso de un sistema de energía fotovoltaica está basado en el aprovechamiento de los rayos electromagnéticos que genera la energía eléctrica en la irradiación de los rayos solares en las celdas fotovoltaicas formadas por materiales semiconductores. El efecto fotoeléctrico es producido por la luz del sol, la cual incide sobre las células fotovoltaicas de las placas (paneles solares) generándose entre las capas un campo de electricidad, cuyo flujo será mayor en función a la intensidad de luz solar, no siendo necesaria la existencia de luz directa, ya que aún en días nublados también funciona. Las células fotoeléctricas que transforman la energía solar en electricidad en forma de corriente continua y ésta suele transformarse a corriente alterna, a través de un dispositivo denominado inversor. El inversor transforma la corriente continua en un curso variante con las mismas características que la de la red eléctrica, la cual puede usarse en distintas aplicaciones.

Los rayos electromagnéticos deben ser aprovechados para que se produzca una energía solar fotovoltaica. La energía solar es transformada en electricidad debido a la transformación de las células fotoeléctricas.

Este comportamiento se logra gracias a las características físico- químicas de las celdas las cuales permiten que se convierta la energía fotovoltaica captada en energía eléctrica. Cuando la radiación solar incide sobre una celda fotovoltaica ocasiona el paso de electrones de una capa a otra por los materiales semiconductores generándose así un flujo de electrones; es decir, una corriente eléctrica.

Los paneles solares se pueden clasificar en fotovoltaicos, térmicos y termodinámicos. Los primeros transforman la radiación captada directamente en energía eléctrica; los segundos aprovechan su ubicación directa hacia el sol para convertir el calor liberado por la radiación solar en energía eléctrica; y los terceros son indiferentes a las condiciones climáticas; por ejemplo, si es de noche, se encuentre lloviendo o se encuentre nublado.

Para Landa (2007) indica que: “la energía solar fotovoltaica se usa para la generación eléctrica en el lugar de la demanda, cubriendo pequeños consumos y

en lugares aislados en los que no se puede acceder a la red de distribución eléctrica”.

A esto a hay que agregarle que actualmente su aplicación no solo se da en lugares aislados sino también en las zonas urbanas, este cambio se debe especialmente a la toma de conciencia del ser humano con el calentamiento global y una forma de contribuir con su cuidado es en el uso de energía alternativa, siendo la energía fotovoltaica una de ellas.

Según Roper (2016), se presentan dos formas básicas de uso:

Las instalaciones asiladas de la red (OFF-GRID), se almacena en baterías para poder disponer de ella cuando sea requiera. Son promovidas por terceros y su potencia oscila entre 3 y 5 kWp. Cuentan con potencias que oscila entre 5 y 100 kWp y generalmente se usar en edificios bioclimáticos o en edificios públicos de nueva construcción que cuentan con la energía solar como valor agregado. La distribución de la energía eléctrica originada por los módulos pasa por un controlador de carga cuya finalidad es controlar constantemente el estado de carga de las baterías, así como regular la intensidad de carga de las mismas para evitar que se originen sobrecargas en las baterías, las cuales son las encargadas de almacenar la energía del sistema, lo cual garantiza que el sistema trabaje en condiciones óptimas a largo plazo. Adicionalmente, se requiere de un elemento llamado inversor para la conversión de la corriente continua en corriente alterna.

Al respecto las instalaciones conectadas a la red eléctrica (ON-GRID) Comúnmente son usadas por empresa y la potencia pico supera los 100 kWp. La energía eléctrica en corriente continua obtenida a través de los módulos fotovoltaicos se transforma en corriente alterna de la misma tensión y frecuencia que la de la compañía eléctrica que les compra la electricidad generada mediante los inversores de corriente. (MARIN, 2006)

Instalaciones de sistemas combinados (Híbridos): esta configuración es la resultante de mezclar ambos sistemas: por un lado, se cuenta con la conexión al sistema de la red eléctrica convencional y, por otro lado, se cuenta con conexión hacia las baterías y paneles solares. El objetivo de este sistema es brindar energía

fotovoltaica el mayor tiempo posible, ya sea alimentando directamente hacia la carga, reduciendo el consumo o cargando las baterías. (CRUZ, 2010)

La tecnología fotovoltaica se considera según Domínguez (2012), como la tecnología de sistemas fotovoltaicos se aplica utilizando materiales sólidos, en particular aquellos materiales semiconductores donde se han logrado eficiencias de rango aceptable para el aprovechamiento de la mayor cantidad de energía eléctrica posible. Para fabricar celdas solares existen diferentes tipos de materiales semiconductores; entre las diferentes opciones el silicio es aquél que se emplea comúnmente.

**Silicio Monocristalino:** Se compone de un único cristal de silicio dividido en secciones de fácil identificación por su forma circular u octogonal donde los cuatro lados de menor longitud son curvos pues es una celda circular recortada. Los módulos están hechos de un único cristal de silicio de alto grado de pureza. La eficiencia de estos módulos llega a alcanzar el valor de dieciocho por ciento y son los más antiguos del mercado. Según sus características, la confiabilidad en el dispositivo es alta de manera que algunos fabricantes brindan garantía hasta por veinticinco años.

**Silicio Policristalino:** Este tipo de material está conformado por varios cristales de silicio. Esta tecnología se desarrolló buscando disminuir los costos asociados a la fabricación. A diferencia de las celdas de silicio Monocristalino, su eficiencia se encuentra en el orden del catorce por ciento. La garantía de este material se encuentra alrededor de los 20 años.

**Silicio Amorfo:** La palabra amorfo hace referencia a la carencia de estructura geométrica; es decir, no desarrollo una cristalización homogénea. Los átomos de silicio que forman el sólido no mantienen el patrón ordenado de los casos anteriormente vistos. Durante los últimos años la tecnología de este tipo de material viene cambiando rápidamente. En la actualidad su eficiencia alcanza el rango promedio de ocho por ciento y su tendencia es incrementarse.

Potencia Máxima nominal ( $P_m$ ) su valor es calculado por la relación de los valores  $I_{MP}$  y  $V_{MP}$  cuyo producto es máximo. La eficiencia de conversión de la celda  $\eta$ , es

definida como el cociente entre el valor de la potencia máxima generada ( $P_m$ ) y la potencia de la irradiancia ( $P_i$ ). (Gonzales y otros, 2016)

Voltaje máxima potencia ( $V_{MP}$ ) es el valor del voltaje del panel cuando este se encuentra entregando el valor máximo de intensidad de corriente. El voltaje y la temperatura del panel varían de manera inversamente proporcional entre sí sin que esta condición genere cambios en la corriente de salida. (Furtado y otros, 2018)

Corriente de máxima potencia ( $I_{MP}$ ) es la corriente suministrada cuando el panel entrega la potencia máxima. Se considera este parámetro como la corriente nominal del panel. La relación de la corriente proporcionada por el módulo fotovoltaico y la energía solar recibida es directamente proporcional, sin variaciones en el voltaje si la temperatura presenta una tendencia constante. (Refaat y otros, 2020)

Voltaje de circuito abierto ( $V_{OC}$ ) es el valor máximo que se registra cuando el panel se encuentra en la condición de circuito abierto; es decir, sin ninguna carga conectada. (Lavigne y otros, 2016)

Corriente de cortocircuito ( $I_{SC}$ ) es el valor máximo de corriente que puede circular por el panel y se mide cuando se cortocircuitan los terminales positivo y negativo de la celda. Su valor depende de la radiación luminosa y del área superficial que cubre la celda y es medido comúnmente en amperios. (Qi y otros, 2018)

La potencia pico es la máxima potencia eléctrica que puede generar una celda fotovoltaica. El producto de la intensidad y voltaje máximos generados da como resultado un valor máximo de potencia.

Potencia Pico = Corriente de Corto circuito \* Voltaje a circuito abierto =  $I_{SC} * V_{OC}$

Factor de forma (FF) permite estimar la calidad de las celdas fotovoltaicas, pues compara la potencia máxima con la potencia pico; es decir, con el producto de la

intensidad en cortocircuito y la tensión en circuito abierto. Se define mediante la expresión:

$$\text{Factor de Forma (F.F)} = \frac{\quad}{I_{SC} \cdot V_{OC}}$$

Coefficiente de temperatura de  $I_{SC}$  se relaciona la variación de la corriente con la variación de la temperatura, en porcentaje. Por ejemplo 0,050%/°C.

Además, el coeficiente de temperatura de la potencia se relaciona la variación de la potencia con la variación de la temperatura, en porcentaje. Posee signo. Por ejemplo: -0,45%/°C.

Budin, Grdenic y Delimar (2021) explica la potencia nominal por la relación del producto de los valores de corriente y voltaje, ( $I_{MP}$ ) y ( $V_{MP}$ ) los que presentan de manera intrínseca una resistencia de carga RL. Cuando una carga eléctrica con resistencia RL es conectada al módulo, se transfiere la energía del módulo hacia la carga, y se dice que ( $I_{MP}$ ) y ( $V_{MP}$ ) son los valores de corriente y voltaje de operación de la carga eléctrica; sin embargo, este fenómeno no ocurre en su totalidad para los casos aplicados a la realidad. En consecuencia, el módulo fotovoltaico opera fuera del punto de potencia máxima y la potencia entregada se ve reducida, lo cual deberá ser interpretado como pérdidas de energía.

El inversor es el elemento que transforma la energía recibida del generador fotovoltaico, la cual es del tipo de corriente continua, y la convierte a energía eléctrica con las condiciones requeridas por los circuitos de carga. Usualmente se genera la corriente alterna la cual será compatible con el suministro de la red. Los inversores se caracterizan por el voltaje de entrada, cuyo valor se debe adaptar al módulo fotovoltaico, la potencia eléctrica máxima que puede entregar y la eficiencia del mismo inversor.

Las características ideales con las que debe contar el inversor son: eficiencia alta, para contar con el mejor aprovechamiento de la energía entregada por los paneles,

protección contra sobrecargas y cortocircuitos, soportar picos de demanda cuyos valores excedan al ciento cincuenta por ciento de su máxima potencia.

Para garantizar que el sistema fotovoltaico se conecte a la red del suministro eléctrico es necesario un elemento que haga coincidir las ondas senoidales de ambos circuitos. De otro modo, uno de ellos podría ser interpretado como carga y se generaría un cortocircuito que podría poner en peligro ambas redes. La condición ideal de sincronización entre la tensión generada por los paneles y la red de distribución se consigue con este elemento.

Alguna modificación entre las fases del inversor y de la red de suministro eléctrico generará un aumento de la corriente circulante y esta deberá ser detectada para habilitar los circuitos de protección.

El bloque de control es el bloque que se encarga de ubicar las entradas de arranque/parada, configuración, entre otros, y de las salidas que emiten información sobre diferentes situaciones. Estas salidas pueden llegar a la red, localmente, o bien conformar un bus de un equipo informático externo dedicado a la gestión e interpretación de los diferentes parámetros de la red del suministro eléctrico.

Por otra parte, Jiang, Xu y Stringer (2018) considera que las estructuras de soporte, son los paneles fotovoltaicos se sostienen por estructuras de soporte. Dichas estructuras deberán ser elegidas teniendo en cuenta el cumplimiento con la normativa sobre este tipo de instalaciones y los criterios de seguridad pertinentes. Se debe considerar la resistencia del soporte, debido a que se debe garantizar la estabilidad entre vientos fuertes y el exceso de peso que se puede presentar por la caída de objetos como hojas o lluvia.

La instalación de los módulos fotovoltaicos deberá contar con diferentes puntos de sujeción para asegurar que no se produzcan flexiones en los módulos de manera que el panel no se salga de su posición de instalación ni que el ángulo de inclinación se vea modificado.

Del mismo modo, se debe garantizar que la instalación estará protegida contra agentes medioambientales. Por ejemplo, mediante capas de galvanizado, con un mínimo de 80 micras, y la pernería debe ser como mínimo del tipo galvanizado,

excepto aquellos elementos que se empleen para sujetar los paneles fotovoltaicos, los cuales deberán ser de acero inoxidable.

También se cuenta con soluciones de seguimiento del sol para garantizar que la eficiencia en la incidencia de los rayos solares será siempre máxima. Esto conlleva a contar con una instalación óptima. Como referencia, la estructura deberá soportar una velocidad mínima del viento de ciento cincuenta kilómetros por hora.

Se cuentan con varios modelos de soporte estructural para paneles: en postes, en vigas, en estructuras complejas a nivel de suelo, entre otras.

El tablero general de protección es el componente que cuenta con los equipos de protección para toda la instalación eléctrica de un evento de cortocircuito o sobre corriente los cuales afectarían severamente a todos los componentes conectados a la red. Las protecciones pueden ser del tipo fusibles o interruptores termomagnéticos los cuales cumplen diferentes tiempos de respuesta en la protección dependiendo de lo que requiera la instalación.

El pozo a tierra direcciona las sobre corrientes que se presenten en el sistema hacia un punto de descarga en masa (tierra) y su finalidad es proteger a las personas y a los equipos que puedan ser afectados por fugas en las carcasas metálicas o sobretensiones de naturaleza exógena al sistema. El pozo a tierra debe considerar para el diseño que no existan corrientes en zonas como carcasas de equipos, soportes, guardas de máquinas, etc.

El cableado para la conexión de los equipos, es el punto donde se evalúa todos los elementos involucrados para la interconexión del sistema fotovoltaico. La calidad de estos accesorios debe ser la adecuada considerando que su instalación debe ser duradera y para ambientes externos, así como las condiciones climáticas de la intemperie.

Para las conexiones eléctricas entre paneles es necesario emplear terminales. Los terminales se pueden conformar por bornes en la parte posterior del panel o situarse en una caja de terminales en la parte posterior del mismo panel. En el primer caso mencionado se cuentan con capuchones de goma para la protección de los terminales contra los diferentes factores atmosféricos.

Cuando ocurren configuraciones en serie de varios paneles y la tensión sea igual o mayor a 24 V será necesario incorporar diodos en derivación.

La sección del conductor eléctrico de conexión no superar el valor de 6 mm<sup>2</sup>. También hay que tener en cuenta que los sistemas de paso de los conductores eléctricos por muros y techos son delicados y se debe evitar el ingreso de agua. Para la instalación propia de los cables en sus respectivas bandejas o tuberías se deben considerar los criterios convencionales para instalaciones eléctricas. Los conductores eléctricos se pueden instalar en tuberías o al aire siguiendo recorridos rectos y derivaciones en 90 grados. Para la sujeción se pueden utilizar abrazaderas, rieles acanalados, pernos en “U”, entre otros, procurando no aplicar mucho torque en los radios de deflexión. Los empalmes y derivaciones se pueden realizar en cajas de paso o cajas condulet según corresponda con la tubería empleada.

La distancia entre los puntos de sujeción para todos los paneles fotovoltaicos debe ser suficiente para evitar la deformación de las tuberías o bandejas ni deformaciones en los propios módulos. Del mismo modo, se debe asegurar que el ángulo de inclinación quedará fijo y no se modificará por factores extrínsecos a la instalación.

Los paneles solares, contribuyen con el medio ambiente por lo cual Wu (2016), menciona en el artículo “Guía para la aplicación de las normas ISO 9001:2015 e ISO14001:2015 a las empresas constructoras” que:

Para lograr la moderación entre el medio ambiente, la comunidad y la renta, se considera fundamental compensar las necesidades actuales, que no implique un riesgo para las futuras generaciones en la satisfacción de sus necesidades. El desarrollo sostenible tiene como lograr la proporción de los “tres pilares” de la sostenibilidad.

El interés de la sociedad por la sostenibilidad, transparencia y responsabilidad ha ido en aumento, y esto se valida dentro de las legislaciones, puesto que hoy en día existen normas que regulan la actividad de las empresas en cuanto a contaminación, es por ello que cada día las empresas se suman. Toda la problemática ha generado que diversas organizaciones implementen políticas y

sistema de gestión ambiental cuya finalidad es contribuir con el cuidado del medio ambiente.

El objetivo de todo Sistema de Gestión Ambiental, alineado a la norma ISO 14001 es proporcionar a las organizaciones un marco con el cual proteger el medio ambiente, teniendo en cuenta las necesidades socioeconómicas. Es por ello que, para establecer políticas para un sistema de gestión ambiental, se requiere de una serie de medidas cuyos resultados se verán a largo plazo. Entre las opciones que contribuyen con el medio ambiente tenemos:

- Proteger el medio ambiente con políticas que ayuden a prevenir o mitigar los efectos de la contaminación ambiental.
- Implementar políticas para el cumplimiento de la legislación medioambiental.
- Destinar recursos operativos y financieros que ayuden a reducir el impacto ambiental y además ganar posicionamiento en el mercado.
- Comunicar las políticas medioambientales, con la finalidad que todo el personal se involucre y además se apliquen en su totalidad.

Son diversas los beneficios que se obtiene por el uso de la energía fotovoltaica cabe mencionar que cada día se suman más la concientización por el uso adecuado de energía, por lo que el uso de energía alternativa es una forma de contribuir con el cuidado del medio ambiente, ayudando así a reducir la tasa de contaminación. Entre las más importante tenemos:

- La energía solar es una energía renovable, amigable con el ambiente, ilimitada por lo que resulta beneficioso el auto subastarse de energía y reduce la dependencia con otros tipos de energía.
- Se puede producir energía a gran escala.
- Su mantenimiento se caracteriza por ser muy simple y básico a nivel local.
- Incentiva que se desarrolle en otros rubros.
- Es rentable frente a sistemas convencionales como los generadores diésel e incluso la extensión de la red eléctrica (STIFTUN, 2014).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El presente estudio fue tipo aplicada porque se realiza una propuesta de implementación de sistema fotovoltaico tomando como referencia la teoría.

El interés de la investigación aplicada es práctico pues sus resultados son utilizados inmediatamente en la solución de problemas de la realidad cotidiana, a la vez propone innovaciones tecnológicas y de gestión (VARA, 2012, p. 212).

La investigación es de nivel descriptivo, puesto que se plantea y dimensiona un sistema de energía fotovoltaica, para luego caracterizarlo en función al beneficio operativo, económico y alineado a la política medioambiental.

El diseño de la investigación es no experimental porque permite observar fenómenos y analizarlos.

Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos, no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes. (HERNANDEZ, y otros, 2014)

#### **3.2. Variables, operacionalización**

La presente investigación utiliza como variable independiente al sistema de energía fotovoltaica.

La operacionalización de las variables se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1:**Operacionalización de la variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Sistema de energía fotovoltaica</b>	Es un sistema encargado de generar energía eléctrica, un conjunto de unidades maquinales, eléctricas y electrónicas capaces de captar la fuerza solar latente y usarla posteriormente como energía eléctrica (Méndez Muñiz, Cuervo García, 2007).	$P_{total} = \sum_{n=1}^T (P_n) * (Q_n)$ <p>Pn: Potencia eléctrica unitaria de cada carga                      Qn: Cantidad de elementos de similares características                      T: Número total de cargas distintas                      Ptotal: Potencia total</p>	$p_{total} = \sum_{n=1}^T (P_n) * (Q_n)$	Potencia eléctrica de las cargas más relevantes.	Razón
		Paneles fotovoltaicos Reguladores de tensión Inversores Baterías	Paneles fotovoltaicos Reguladores de tensión Inversores Baterías	Componentes del sistema fotovoltaico	Razón
		Costo de paneles (A) Costo de baterías (B) Costo de inversores (C) Costo de reguladores (D) $C_{Sistema} = A + B + C + D$	Costo de paneles (A) Costo de baterías (B) Costo de inversores (C) Costo de reguladores (D) $C_{Sistema} = A + B + C + D$	Costo del sistema	Razón

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Población y muestra

La población muestra y muestreo de la investigación se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Población y muestra

Indicador	Unidad de análisis	Población	Muestra	Muestreo
Energía eléctrica	Pabellón A.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Energía consumida por el Data center</li><li>- Energía consumida por las oficinas de comunicación</li><li>- Energía consumida por la oficina de registros académicos</li><li>- Energía consumida por la oficina de caja</li></ul>	Consumo eléctrico de las cargas más relevantes del pabellón A durante un periodo de 3 horas	Por conveniencia

Fuente: elaboración propia.

**Muestreo:** Es no probabilístico, puesto que la elección es por conveniencia y por juicio del investigador al ser la población igual que la muestra. Según Pimienta “es una técnica utilizada por expertos para seleccionar muestras, según el criterio del experto” (Pimienta, Rodrigo, 2015).

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

La recolección de datos se llevó a cabo mediante las reuniones sostenidas con el jefe de Oficina de Tecnologías de la Información y el jefe de Infraestructura de la universidad César Vallejo en la sede de Piura. En las reuniones, se pudo verificar que la problemática está vigente y la importancia de contar con un sistema alternativo se ve reflejada en los expedientes técnicos que ya se han elaborado para plantear un proyecto de inversión.

Las técnicas de recolección de datos que se emplearon para el desarrollo de los objetivos específicos fueron los que a continuación se describen:

Para determinar la potencia eléctrica de las cargas más relevantes, se utilizó como técnica la encuesta, y como instrumento de recolección de datos el cuestionario, los datos fueron recolectados en las instalaciones de la Universidad César Vallejo.

Para proponer los componentes del sistema de energía fotovoltaica que mejor se ajuste a la necesidad de la data center y oficinas críticas del pabellón A, se utilizó como técnica la observación directa, y como instrumento de recolección de datos el cuadro de cargas 01, los datos fueron recolectados en las instalaciones de la universidad César Vallejo.

Todos los instrumentos se encuentran detallados en el anexo 2.

**Tabla 3:** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Indicador	Técnica	Instrumento
Potencia eléctrica de las cargas más relevantes.	La encuesta	Cuestionario
Componentes del sistema fotovoltaico	Observación	Cuadro de cargas
Costo del sistema	Análisis documentario	Cuadro de costos

Fuente: Elaboración propia

La validación de los instrumentos de recolección de datos se realizó mediante juicio de expertos.

### 3.5. Procedimientos

Para estimar el costo del sistema de energía fotovoltaica en base al diseño planteado se consultaron y compararon dos fuentes, se utilizó como técnica el análisis documentario y como instrumento de recolección de datos el cuadro de costos.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Para la determinación de las cargas eléctricas más relevantes, los datos fueron llevados a hojas de cálculo de Microsoft Excel para su respectivo análisis.

Para la selección de componentes del sistema de energía fotovoltaica se utilizaron las fórmulas correspondientes a los cálculos y las especificaciones técnicas de los equipos dadas por los fabricantes de los mismos.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente proyecto de investigación fue una propuesta para la implementación de un sistema de energía fotovoltaica. Se han descrito todos los aspectos del diseño requeridos para el sistema de energía fotovoltaica y se han relacionado los aspectos del diseño con las características requeridas por las cargas más relevantes en el pabellón A de la Universidad Cesar Vallejo. Además, la manipulación de cada uno de los instrumentos fue cuidadosamente aplicada y manipulada por el investigador y se respetó la confidencialidad de los datos recogidos, del mismo modo la privacidad de cada uno de los procedimientos en la Universidad César Vallejo.

La realización de este proyecto fue acorde a las reglas y normas que se han establecido y contribuye con el programa de políticas medioambientales de la entidad en mención.

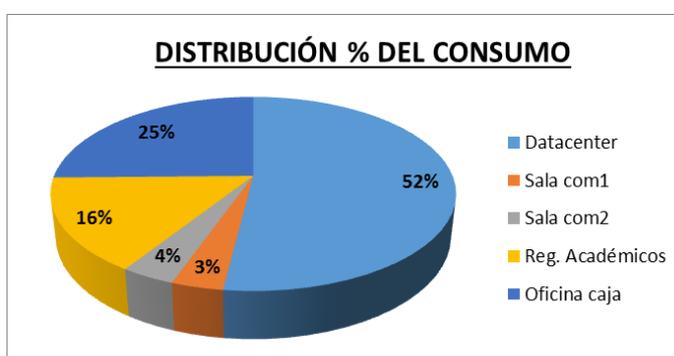
#### IV. RESULTADOS

##### Cuantificación en unidades kilowatt hora las cargas más relevantes del pabellón “A” de la universidad César Vallejo-Piura.

Para obtener la relevancia de las cargas se obtuvo información de los jefes de OTI y jefe de Infraestructura de la Universidad César Vallejo respectivamente, quienes argumentaron la necesidad de contar con un respaldo de energía eléctrica para la operatividad de los equipos e iluminación de los ambientes del mencionado pabellón.

**Tabla 4:** Resumen de consumo

RESUMEN DE CONSUMO DE ENERGÍA (kW-hr)	
Datacenter	34.66
Sala com1	2.33
Sala com2	2.44
Reg. Académicos	10.40
Oficina caja	16.85
<b>TOTAL</b>	<b>66.67</b>



Fuente: anexo 2 y 4.

**Gráfico 1:** Distribución porcentual de consumo de energía eléctrica.

Se identificaron las oficinas de caja, registros académicos, data center y oficinas de comunicación como las más importantes en el pabellón A. El detalle de las cargas de estas oficinas se registró mediante la observación de los equipos instalados y las características técnicas descritas por los fabricantes que se muestran en el anexo 4.

Los datos fueron obtenidos de la inspección realizada en el Pabellón A de la universidad César Vallejo y de lo manifestado por el jefe de OTI y el jefe de Infraestructura. En la inspección realizada se detectaron 4 zonas críticas:

Oficina del Datacenter: En esta oficina se ubican los servidores del pabellón los cuales tienen por objetivo centralizar la información de los diferentes terminales que se ubican en todas las aulas. Se emplean también dispositivos y accesorios tales como routers, transceivers, UPS y otros.

Oficinas de comunicación: son dos oficinas y se encargan de transmitir la información a los diferentes terminales del pabellón A. Están constituidos por agrupaciones de 6 switches de 48 puertos de comunicación cada uno.

Oficina de caja: Tiene como principal función realizar todas las operaciones monetarias de la universidad cuyas transacciones se establecen entre los alumnos y la universidad.

Oficina de registros académicos: Su principal función realizar operaciones relacionadas con los documentos académicos de la universidad.

### **Selección de los componentes del diseño del sistema de energía fotovoltaica que se ajusta a la generación de energía eléctrica para las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura.**

El diseño del sistema de energía fotovoltaica que se ajusta a la generación de energía eléctrica para las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura, considera los siguientes componentes: En primer lugar se toma en cuenta los paneles fotovoltaicos monocristalinos, los cuales consisten en celdas fabricadas en materiales semiconductores que mediante la acción de la energía solar irradiada producen un efecto electro físico que se manifiesta en una diferencia de potencial entre los terminales. Esta diferencia de potencial es un voltaje continuo; en segundo lugar se considera los reguladores de tensión para paneles fotovoltaicos, los cuales consisten en dispositivos electrónicos que regulan la tensión eléctrica de un arreglo de paneles solares para estabilizarla ante las perturbaciones que se pueden generar; en tercer los inversores de corriente, los cuales consisten en dispositivos de potencia eléctrica que transforman la corriente continua en corriente alterna, la cual es usada en la mayoría de dispositivos instalados; y en cuarto lugar las baterías, las cuales consisten en elementos de almacenamiento electroquímico que se cargan mediante la inyección de corriente continua, empleando un dispositivo electrónico llamado cargador. El diagrama multifilar de la solución se detalla en el anexo 4.

### **Estimación de radiación solar en Universidad César Vallejo.**

**En el anexo 4 se presenta el mapa de la zona y se ubica la universidad César Vallejo con sus respectivas coordenadas.**

Luego, con los datos de las coordenadas geográficas, se accedió a la base de datos de Meteororm, un programa informático enlazado a una base de datos completa de información de radiación en la superficie terrestre actualizado constantemente, para extraer la información de la radiación solar en las coordenadas geográficas de la universidad César Vallejo de Piura.

Según los valores registrados en dicha base de datos el rango de irradiación varía entre 4.9kWh-día/m<sup>2</sup> y 6.7kWh-día/m<sup>2</sup> (ver anexo 4).

Para efectos de cálculo a condiciones mínimas, se escoge el valor mínimo de 4.9 kWh-día/m<sup>2</sup>, registrado en el mes de Julio.

Las características eléctricas para las condiciones estándares de medición (CEM) establecen el valor de 1000 W /m<sup>2</sup> de irradiancia solar a 25°C de temperatura de celda, lo cual puede ser asumido como la temperatura ambiente en la zona donde se ubican las celdas fotovoltaicas.

Según el reglamento técnico Configuración de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos y Ensayos del Ministerio de Energía y Minas – División General de Electricidad, en el apartado 5.2 se señala que el punto de máxima potencia en condiciones estándar de medida se sugiere tomar el valor de irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup> o el equivalente de 1 kW/m<sup>2</sup> y 25°C en los módulos fotovoltaicos.

Además, se ha calculado con anterioridad que para las coordenadas de la universidad César Vallejo en su sede de Piura, el valor de radiación a tomar como referencia es de 4.9 kWh-día/m<sup>2</sup>.

A partir de estos se puede calcular las horas sol pico promedio mediante la siguiente expresión:

$$HPS = R / I$$

Donde:

R: Radiación

I: Irradiancia

HPS: Horas sol pico promedio.

Reemplazando los valores se tiene que:

$$\text{HPS} = 4.9 \text{ kWh-día/m}^2 / 1\text{kW/m}^2 = 4.9 \text{ horas}$$

En consecuencia, el valor de horas de sol pico promedio será de 4.9 horas.

El total de máxima demanda se registró en 22.3 kW y la energía eléctrica diaria promedio requerida en 66.9 kWh. Si se considera una reserva de 20% se tiene que:

$$66.9 \text{ kWh} / 0.80 = 83.63 \text{ kWh}$$

#### Cálculo y selección de los componentes del sistema fotovoltaico

Según las coordenadas previamente vistas, y de los registros de radiación tomados de la base de datos del software Meteonorm, se realizaron los cálculos según las fórmulas establecidas en el anexo 4.

De estos cálculos se obtienen los siguientes resultados:

Número de paneles fotovoltaicos requeridos: **75**

Número de baterías requeridas: **56**

Número de inversores requeridos: **2**

#### **Determinación del costo del sistema fotovoltaico para las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura**

De los diferentes distribuidores de componentes de sistemas fotovoltaicos, se han tomado como referencia dos importadores locales especializados en soluciones de sistemas fotovoltaicos. A continuación, se muestra la tabla comparativa de las mejores opciones de ambos importadores:

**Tabla 5:** Opciones del sistema fotovoltaico

Concepto	Descripción	Opción 1	Opción 2
Paneles fotovoltaicos	Marca / Modelo	CSun /320-72P	Canadian Solar/
	Rendimiento	320Wp	CS6U-P
	Voltaje de operación	36.2V	320Wp
	Corriente de operación	8.84A	36.8V
	Eficiencia	16.52%	8.69A
	Costo unitario	S/. 750.43	16.46% S/. 894.40
Reguladores de carga	Marca / Modelo	Victron /Blue Solar	El inversor híbrido cumple la función de regulación de carga
	Potencia FV máxima	1400 W	
	Corriente nominal	50A	
	Costo unitario	S/. 1148.65	
Inversores	Marca / Modelo	Victron/MP 120A	Infinisolar / 10 kW
	Voltaje	12V	750V
	Potencia de salida	3000W	10 000 W
	Costo unitario	S/. 5 485.21	S/. 19 600.00
Baterías	Marca	RITAR	UPower
	Modelo	RA AGM	SPO165
	Capacidad	150 Ah	165Ah
	Voltaje	12V	12V
	Costo unitario	S/. 923.61	S/. 661.43

Fuente: Respuesta al cuestionario

En los paneles fotovoltaicos, la opción 1 cuenta con mayor eficiencia y menor costo unitario, por lo que se optará para incluirla en el diseño.

En lo referente a la batería, la opción 2 cuenta con mayor capacidad y menor costo unitario, por lo que ésta se incluirá en el diseño.

De los elementos restantes, el inversor híbrido ya incluye un regulador de carga interno por lo que este elemento ya no es necesario. Además, es trifásico lo que permitirá su acoplamiento directo al sistema de cargas. En consecuencia, se considera mayor ventaja en usar el inversor híbrido frente a la solución convencional con reguladores de carga.

El costo viene dado por:

Tabla 6: Costo

Ítem	Descripción del equipo	Fabricante	Costo Unitario	Cantidad	Subtotal
1	Paneles fotovoltaicos	Csun	S/. 750.43	75	S/. 56 282.25
2	Soportes para paneles	SUNFER	S/. 108.82	75	S/. 8 161.50
3	Inversores	InfiniSolar	S/. 19 600.00	2	S/. 39 200.00
4	Baterías	UPower	S/. 661.43	56	S/. 37 040.08
5	Cableado y mano de obra		S/. 5707.40	1	S/. 5707.40
				TOTAL	S/. 146 391.23

Fuente: Respuesta al cuestionario anexo 4

## V. DISCUSIÓN

Vilca y otros (2013) presentaron la investigación relacionada a la implementación del Sistema electrónico de energía solar para Saga Falabella Open Plaza. En su implementación se afirmó que la metodología propuesta puede resultar de utilidad, no sólo en la fase de diseño, sino también en las de seguimiento y evaluación de esta aplicación. De acuerdo con lo observado en el presente desarrollo, la utilidad de un sistema alternativo para Saga Falabella Open Plaza sirve de analogía para comprobar la pertinencia del sistema de energía fotovoltaica de las cargas más relevantes del pabellón A de la universidad César Vallejo, sede Piura.

Valdiviezo (2014) describió en su diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Allí quedaron demostradas las partes importantes de un sistema de energía fotovoltaica como son: los paneles solares, el controlador de carga, el arreglo de baterías y el inversor.

Esta configuración forma parte de los sistemas desconectados de la red (off – grid). De igual manera en el presente estudio se emplea el sistema desconectado de la red considerando todos los elementos que lo componen para suministrar de energía fotovoltaica a las cargas más relevantes del pabellón A. Sin embargo, ante periodos prolongados de carencia de luz solar, el sistema prevé un respaldo mediante energía eléctrica convencional para asegurar que las cargas más relevantes siempre contarán con energía sin importar las condiciones externas a la red.

Uno de los objetivos de Tames (2009) en su investigación relacionada al Estudio de Electrificación con Energía Solar Plaza Pública fue instalar un sistema de generación de energía eléctrica alternativa que alcance a las casas a través de redes fotovoltaicas (SFV) y acceda en gran magnitud sobre las áreas ambientales con cadenas de supervisión de cuantificación y progreso en la calidad de vida de estas poblaciones. En el Perú se han desarrollado

implementaciones de sistemas de energía fotovoltaicas para proveer de energía eléctrica a zonas relevantes tal como se presenta en este documento.

Por otro lado, Medina (2009) en su investigación relacionada al bombeo de agua para regar el cerro Calán, utilizando energía solar fotovoltaica, demostró que sí es posible usar energía fotovoltaica para proyectos de bombeo de agua. También menciona que el desarrollo es beneficioso pues no implica una pérdida económica en virtud del bajo período de amortización de los insumos fotovoltaicos, el cual, es de cinco años; es decir, que un proyecto de bombeo que usa energía solar fotovoltaica es rentable al cabo de cinco años de funcionamiento. Del mismo modo, en el presente documento se ha registrado que el beneficio del sistema propuesto se plasma en la reducción del consumo diario, así como en el aumento de la disponibilidad de las cargas más críticas del pabellón A de la universidad César Vallejo, sede Piura.

## VI. CONCLUSIONES

Los cálculos realizados para el análisis de cargas de las oficinas más relevantes del pabellón A, teniendo en cuenta una reserva del 20%, concluye que se tiene un consumo de 83.34 kWh por día y que deberá ser suministrado por el sistema fotovoltaico en caso de corte de la energía convencional por un periodo máximo de 3 horas, que es lo estimado como premisa en el diseño planteado.

Del resultado de la energía consumida requerida se dimensionó y determinó que, los componentes que conforman una alternativa de solución son: 75 unidades de paneles fotovoltaicos de la marca Csun 24V 320W, 56 unidades de baterías UPower SPO165 12V 165Ah, 02 InfiniSolar-híbrido 10kW 750V 10,000 W.

Teniendo en cuenta los costos unitarios de los componentes identificados y de las cantidades calculadas se calculó que el presupuesto necesario para los materiales del sistema de energía fotovoltaica asciende a 167 356.99 soles más impuestos de ley.

El sistema de energía fotovoltaica representa una solución viable pues se cuenta con niveles de radiación adecuados en un escenario propicio para la generación de energía eléctrica.

Según la teoría vista sobre condiciones estándares de medición en sistemas fotovoltaicos, se considera un nivel de irradiancia solar de  $1000 \text{ W / m}^2$  o su equivalente en  $1 \text{ kW/m}^2$  a  $25^\circ\text{C}$  de temperatura de celda.

La solución planteada contempla un doble escenario de ahorro: por una parte se busca generar ahorro en el consumo cotidiano de las cargas más relevantes del pabellón A de la universidad César Vallejo, pues mientras haya presencia de luz solar el sistema seguirá aportando energía eléctrica desde los paneles fotovoltaicos y por otro lado se busca mitigar los efectos de los cortes y reposiciones de energía que puedan afectar severamente a las mismas cargas cuando suceda un corte de suministro eléctrico de la red convencional.

## VII. RECOMENDACIONES

Según lo observado en el presente documento, es altamente recomendable la implementación del sistema de energía fotovoltaica pues genera múltiples beneficios, tanto económicos como medioambientales. Como se ha visto a lo largo de este desarrollo la energía eléctrica generada mediante el uso de sistemas de energía fotovoltaica representa una fuente permanente, dadas las condiciones climatológicas, de energía renovable.

Tener en cuenta la capacidad máxima de instalación del sistema que figura en el valor de 22.23 kW como máxima demanda y 66,7 kWh como energía de consumo diaria. Adicionalmente a ello se ha considerado una reserva del 20%; es decir, 83.34 kWh como energía de consumo diseñada.

Se recomienda el uso de los componentes del sistema de energía fotovoltaica mencionados en el anexo 4.6 del presente documento. Sin embargo, no es restrictivo su uso, pudiéndose incluir o reemplazar en el diseño por componentes similares que generen mejores prestaciones o un costo menor a los comparados en el presente desarrollo. Del mismo modo, la norma técnica de edificación EM080 Instalaciones con energía solar sugiere que la orientación de los paneles debe ajustarse en dirección norte y la inclinación de los mismos debe fijarse considerando el valor absoluto de la latitud incrementada en 10 grados sexagesimales; es decir, en este caso la inclinación sería de 15 grados.

Así mismo, es recomendable realizar un estudio sobre la posibilidad de reproducir la implementación en otros pabellones de la universidad César Vallejo sede Piura, que requieran de un respaldo para cargas de igual relevancia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

*A comprehensive analysis of short circuit current behavior in PMSM Inter turn short circuit faults.* **QI, Y, y otros. 2018.** 2018, IEEE Transactions on Power Electronics.

*A quadratically constrained optimization problem for determining the optimal nominal power of a PV system in net-metering model: A case study for Croatia.* **BUDIN, L, GORAN, G y DELIMAR, M. 2021.** 1746, 2021, Energies , Vol. 14.

*A Reduced Voltage Range Global Maximum Power Point Tracking Algorithm for Photovoltaic Systems Under Partial Shading Conditions.* **FURTADO, A, y otros. 2018.** 4, 2018, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 65.

*Advances in the Definition of Needs and Specifications for a Climate Service Tool Aimed at Small Hydropower Plants' Operation and Management.* **CONTRERAS, E, y otros. 2020.** 7, 2020, Energies, Vol. 13.

**ARENAS, D. 2013.** Paneles Solares. [En línea] 24 de Enero de 2013. [Citado el: 03 de Octubre de 2017.] <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2369/62131244A681.pdf?sequence=1>. ISSN 2215-3608.

**AVALOS, H. 2016.** *Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica del servicio habitacional gran hotel, San Ignacio 2016.* Universidad César Vallejo . Jaén : s.n., 2016. [Tesis de licenciatura-Universidad César Vallejo].

**CRUZ, E. 2010.** *Diseño y simulación del comportamiento de un sistema híbrido de potencia.* Universidad de Piura . Piura : s.n., 2010. [Tesis de licenciatura-Universidad de Piura].

*Current collector optimizer topology to extract maximum power from non-uniform aged PV array.* **REFAAT, A, HASSAN, M y KOROVKIN, N. 2020.** 2020, Energy, Vol. 195.

**DOMINGUEZ, H. 2012.** Universidad Veracruzana. [En línea] 2012. [Citado el: 7 de octubre de 2017.] <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31561/1/dominguezgonzalezhector.pdf>. ISSN 8762.

*Evaluation of inertial response controllers for full-rated power converter wind turbine (Type 4).* **GONZALES, F, y otros. 2016.** 2016, IEEE Power and Energy Society General Meeting , págs. 1-5.

**FACTOR ENERGIA. 2016.** Energías alternativas: Qué son y qué tipos existen. [En línea] 13 de Diciembre de 2016. [Citado el: 3 de Enero de 2018.] <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-son-energias-alternativas/>. ISSN.

**GOMEZ, F. 2015.** *Plan de Negocio para la implementacion de una empresa de instalación, mantención y financiamiento de Sistemas Fotovoltaicos para el Sector Residencial Chileno.* Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2015.

**GUZMAN, A. 2014.** El modelo energético del Perú debe tender a la sostenibilidad. *Universidad de Piura.* [En línea] 2014.

**HERNANDEZ, S, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. 2014.** *Metodología de la investigación.* 2014.

**HUISA, F. 2013.** *Acondicionamiento para el aprovechamiento de la energía solar en la I.E. Alfonso Ugarte.* Universidad Nacional del Centro del Perú . 2013. [Tesis de Licenciatura-Universidad Nacional del Centro del Perú] .

**INFANTE, J. 2008.** *Estudio de Fcatibilidad de Sistema de Energía Alternativa en la Estacion Radio Base Los Monjes.* Caracas : s.n., 2008.

**LADINO, R. 2011.** *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia.* Bogotá : Pontificia Universidad Javeriana, 2011. ISBN.

**LALUPU, H. 2013.** *Sistema Solar Fotovoltaico de Conexion a Red en el Centro materno Infantil de la Universidad de Piura.* Piura : Universidad de Piura, 2013.

**LANDA, R. 2007.** Energía Solar Fotovoltaica. *Energía Solar Fotovoltaica.* [En línea] 2007. [Citado el: 03 de Octubre de 2017.] <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/26442>. ISSN 2215-3608.

*Lithium-ion Open Circuit Voltage (OCV) curve modelling and its ageing adjustment.* **LAVIGNE, SABATIER, MBALA, J, GUILLEMARD, F y NOURY, A. 2016.** 2016, 2016, Jouranl of power sources , Vol. 324.

**LONDOÑO, M. 2016.** *La Revolución del Grafeno en la construcción y Desarrollo de Celulas Solares Fotovoltaicas.* San Buenaventura : Universidad San Buenaventura Seccional, 2016.

**MARIN, C. 2006.** *Las Energías Renovables en la Producción de Electricidad en España.* s.l. : ISBN, 2006.

**MASTACHE, O. 2015.** *Proyecto de implementación de un sistema fotovoltaico para la reducción del consumo de energía en un local de muebles.* Instituto Politécnico Nacional . 2015. [Tesis de Licenciatura-Instituto Politécnico Nacional].

**MEDINA, E. 2009.** *Bombeo de Agua para Riego en Cerro Calán utilizando Energía Solar Fotovoltaica.* Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2009.

**MENDEZ, J. 2016.** *Energía Solar Fotovoltaica. 2º Edición.* Instituto de Tecnología y Formación. Madrid - España : Fc Editorial, 2016. ISBN 978-84-96743-29-8.

**MUÑOZ, D. 2015.** *Aplicación de la Energía Solar para Electrificación Rural en Zonas Marginales del País.* [En línea] 2015. [Citado el: 3 de Octubre de 2017.] [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/893/1/munoz\\_ad.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/893/1/munoz_ad.pdf). 2215-3608.

**OLEA, G. 2013.** *Plan de Negocios para la implementación de Energía Solar Fotovoltaica para la industria en Chile.* Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2013.

*Photovoltaic solar energy: Conceptual framework.* **GONCALVES, P y ORESTES, M. 2017.** 2017, 2017, *Renewable and sustainable energy reviews* , Vol. 74.

**RIVERO, M y BABADILLA, G. 2016.** *Energía Solar Fotovoltaica.* Costa Rica : Revistas Académicas, 2016. ISSN 2215-3608.

**ROPER, D. 2016.** *Energía fotovoltaica mundial.* [En línea] 6 de Abril de 2016. [Citado el: 3 de Enero de 2018.] <http://www.roperld.com/science/worldphotovoltaicenergy.htm>. ISSN.

**SALAS, D. 2013.** *Diagnóstico, análisis y propuesta de mejora al proceso de gestión de interrupciones imprevistas en el suministro eléctrico de baja tensión. Caso: Empresa distribuidora de Electricidad en Lima.* Pontificia Universidad

Católica del Perú . 2013. [Tesis de Licenciatura-Pontificia Universidad Católica del Perú].

**STIFTUN, K. 2014.** *Energías Renovables y Cambio Climático*. Lima : Biblioteca Nacional del Perú, 2014.

*Support structures for additive manufacturing: A review.* **JIANG, J, y otros. 2018.** 2018, Manufacturing and materials processing .

**TAMES, E. 2009.** *Estudio de electrificación con Energía Solar Plaza Pública Distrito de LLauta- Lucanas- Ayacucho*. Piura : Universidad de Piura, 2009.

**TEVNI, Grajales;. 2012.** Tipos de investigación. [En línea] 2012. [Citado el: 30 de 10 de 2017.] <http://tgrajales.net/investipos.pdf>.

**VALDIVIEZO, P. 2014.** *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. Pontificia Universidad Católica del Perú . 2014. [Tesis de Licenciatura-Pontificia Universidad Católica del Perú] .

**VARA, A. 2010.** *¿ Cómo hacer una tesis en ciencias empresariales? Manual breve para los tesisistas de Administración, Negocios Internacionales, Recursos*. s.l. : Universidad San Martín de Porres , 2010.

**VARGAS, F. 2015.** Plan de Negocios para la Implementación de una Empresa de Instalación, Mantenimiento y Financiamiento de Sistemas Fotovoltaicos para el Sector Residencias Chileno. [En línea] 2015. [Citado el: 3 de octubre de 2017.] <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134594/Plan-de-negocio-para-la-implementacion-de-una-empresa-de-instalacion.pdf;sequence=1>. 2215-3608.

**VILCA, J, RUPAY, J y BALTAZAR, S. 2013.** *Implementación del Sistema Eléctrico de Energía Solar para Saga Falabella, Open Plaza*. Lima : Universidad Nacional del Callao, 2013.

*Wind energy in Kenya: A status and policy framework review.* **KAZIMIERCZUK, A. 2019.** 2019, 2019, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 107.

**WU, X. 2016.** *GUÍA PARA LA APLICACION DE LAS NORMAS ISO 9001:2015 e 14001.2015 A LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS*. 2016.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Título	Formulación del problema	Objetivos	VARIABLES e indicadores	Población Muestra	Diseño	Técnicas e Instrumento de recolección de datos	Método de análisis de datos
<b>DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL PABELLÓN ' A ' DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<p><b><u>Pregunta general</u></b></p> <p>¿Cómo diseñar un sistema de energía fotovoltaica que permita suministrar de energía eléctrica al pabellón A de la Universidad César Vallejo –Piura?</p>	<p><b><u>Objetivo general</u></b></p> <p>Diseñar un sistema de energía fotovoltaica para dotar de energía eléctrica a las oficinas del pabellón A de la Universidad César Vallejo –Piura.</p>	<p><b>Sistema de energía fotovoltaica: (variable independiente)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Potencia eléctrica de las cargas más relevantes.</li> <li>2. Componentes del sistema fotovoltaico.</li> <li>3. Costo del sistema.</li> </ol>	<p>La población está conformada por las cargas más relevantes del pabellón A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Energía consumida por el Data center.</li> <li>-Energía consumida por las oficinas de comunicación.</li> <li>-Energía consumida por la oficina de registros académicos.</li> <li>-Energía consumida por la oficina de caja.</li> </ul> <p><b><u>Muestra:</u></b></p>	<p>El diseño de la investigación es “no experimental” porque permite observar fenómenos y analizarlos. Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos, no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El cuestionario</li> <li>- Ficha de observación</li> <li>- Ficha documentaria</li> </ul>	<p>Para la determinación de las cargas eléctricas más relevantes, los datos fueron llevados a hojas de cálculo de Microsoft Excel para su respectivo análisis. Para la selección de componentes del sistema de energía fotovoltaica se utilizaron las formulas correspondientes a los cálculos y las especificaciones técnicas de los</p>

	<p><b><u>Preguntas específicas</u></b></p> <p>¿Qué cantidad de energía en kilowatt hora, se requieren en las oficinas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura?</p> <p>¿Cuáles son los componentes del diseño del sistema de energía fotovoltaica que se ajusta en la generación eléctrica de las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura?</p> <p>¿Cuál es el costo de la implementación del sistema de energía fotovoltaico?</p>	<p><b><u>Objetivos específicos</u></b></p> <p>-Cuantificar en unidades kilowatt hora las cargas más relevantes del pabellón “A” de la universidad César Vallejo-Piura.</p> <p>-Establecer los componentes del diseño del sistema de energía fotovoltaica que se ajusta a la generación de energía eléctrica para las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura.</p> <p>-Determinar el costo del sistema fotovoltaico para las cargas más relevantes del pabellón “A” de la Universidad César Vallejo de Piura.</p>		<p>Consumo eléctrico de las cargas más relevantes del pabellón A durante un periodo de 3 horas</p>	<p>Fernández, Baptista, 2014).</p>		<p>equipos dados por los fabricantes de los mismos.</p>
--	---	--	--	--	------------------------------------	--	---

**Anexo 2.** Instrumentos



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**CUESTIONARIO N°1**

Lugar de Aplicación: .....

Nombre del investigador: .....

Fecha: .....

Hora: .....

**Objetivo:** Conocer la naturaleza y aspectos más relevantes de la problemática actual que condicionan el funcionamiento del pabellón A.

1. ¿Cuáles son las cargas más importantes en el pabellón A?
2. ¿Dónde se ubican las cargas más importantes en el pabellón A?
3. ¿Qué tipo de carga son (monofásicas o trifásicas)?
4. ¿Qué tipos de falla se han registrado en el último periodo académico?
5. ¿Durante cuántos meses se registraron las fallas?
6. ¿Cuántos equipos se averiaron en total?
7. ¿En qué horarios se utiliza los equipos más relevantes del pabellón A?





**Anexo 3. Validación de instrumentos**

**Especialista:** Dr. Carlos Arellano Ramírez.



**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, CARLOS ENRIQUE ARELLANO RAMÍREZ con DNI N° 02834637 Ingeniero  
 en ELECTRÓNICA N°  
 ANR: 90394 de profesión INGENIERO ELECTRÓNICO  
 Desempeñándome actualmente como INGENIERO Y DOCENTE en  
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

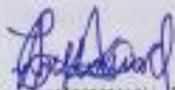
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: CUESTIONARIO

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

CUESTIONARIO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

Ingeniero : CARLOS ENRIQUE ARELLANO RAMÍREZ  
 DNI : 02834637  
 Especialidad : INGENIERO ELECTRÓNICO  
 E-mail : cearellano@gmail.com

  
 Carlos Enrique Arellano Ramírez  
 INGENIERO ELECTRÓNICO  
 CIP. N° 98314

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, CARLOS ENRIQUE ARELLANO RAMÍREZ con DNI N° 02834637 Ingeniero  
 en ELECTRÓNICA N°  
 ANR: CIP 90314 de profesión INGENIERO ELECTRONICO  
 Desempeñándome actualmente como INGENIERO Y DOCENTE  
 en LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: FICHA DE OBSERVACIÓN

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

GUÍA DOCUMENTARIA	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

Ingeniero : CARLOS ENRIQUE ARELLANO RAMÍREZ  
 DNI : 02834637  
 Especialidad : INGENIERO ELECTRONICO  
 E-mail : cearellano@gmail.com

  
 Carlos Enrique Arellano Ramírez  
 INGENIERO ELECTRONICO  
 CIP. N° 90314

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo CARLOS ENRIQUE ARELLANO RAMÍREZ con DNI N° 02834637 Ingeniero  
 en ELECTRÓNICA N°  
 ANR: CIP 90314 de profesión INGENIERO ELECTRÓNICO  
 Desempeñándome actualmente como INGENIERO Y DOCENTE  
 en LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

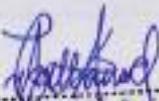
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: FICHA DOCUMENTARIA

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

Ingeniero : CARLOS ENRIQUE ARELLANO RAMÍREZ  
 DNI : 02834637  
 Especialidad : INGENIERO ELECTRÓNICO  
 E-mail : carrellano@gmail.com

  
 Carlos Enrique Arellano Ramírez  
 INGENIERO ELECTRÓNICO  
 CIP. N° 90314

**Especialista:** Ing. César Vilela Calle.



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

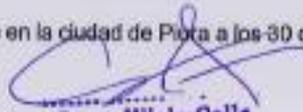
Yo César Adriano Vilela Calle con DNI N° 02612171 Ingeniero  
en Ingeniería Industrial N°  
ANR: 038026 de profesión Ingeniería Industrial  
Desempeñándome actualmente como Docente en U en  
Universidad César Vallejo de Piura

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: CUESTIONARIO

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

CUESTIONARIO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

  
Magister : **César Vilela Calle**  
DNI : 02612171 INGENIERO INDUSTRIAL  
Especialidad : Ing. Industrial CIP 52622  
E-mail : cvc1234@hotmail.com

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

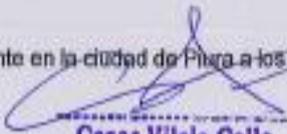
Yo Cesar Adriana Vilela Calle con DNI N° 02612131 Ingeniero  
 en Industrial N°  
 ANR: 038026 de profesión Ingeniero Industrial  
 Desempeñándome actualmente como Docente  
 en Universidad Cesar Vallejo de Piura

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: FICHA DE OBSERVACIÓN

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

GUÍA DOCUMENTARIA	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

  
 Magister : **Cesar Vilela Calle**  
 DNI : **02612131**  
 Especialidad : **Inq. Industrial**  
 E-mail : **cvc9234@hotmail.com**



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

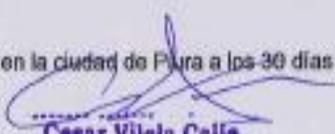
Yo, Cesar Adriano Vilela Calle con DNI N° 02612171 Ingeniero  
en Industrial  
ANR: 038026 de profesión Ingeniero Industrial  
Desempeñándome actualmente como Docente  
en Universidad Cesar Vallejo de Piura

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: FICHA DOCUMENTARIA

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

  
**Cesar Vilela Calle**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
DNI : 02612171 CP: 52627  
Especialidad : Inq. Industrial  
E-mail : cvc1234@hotmail.com

Especialista: Ing. Gerardo Sosa Panta.



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Gerardo Sosa Panta con DNI N° 03591949 Ingeniero  
en INGENIERIA INDUSTRIAL N°  
ANR: 67114 de profesión INGENIERO INDUSTRIAL  
Desempeñándome actualmente como DE CENTRO en  
LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

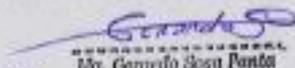
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: CUESTIONARIO

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

CUESTIONARIO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

Ingeniero :  
DNI : 03591949  
Especialidad : INDUSTRIAL  
E-mail : gerardodota@gmail.com

  
Mg. Gerardo Sosa Panta  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP 97114



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Gerardo Soza Pantoja con DNI N° 03591940 Ingeniero  
en INGENIERIA INDUSTRIAL N°  
ANR: 67114 de profesión INGENIERO INDUSTRIAL  
Desempeñándome actualmente como DOCENTE  
en UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: FICHA DE OBSERVACIÓN

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

GUÍA DOCUMENTARIA	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

Ingeniero :  
DNI : 03591940  
Especialidad : INDUSTRIAL  
E-mail : gerardodotex@gmail.com

Mg. Gerardo Soza Pantoja  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CP 67114

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

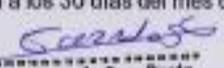
Yo, Gerardo Sosa Panto con DNI N° 03591940 Ingeniero  
 en INGENIERIA INDUSTRIAL N°  
 ANR: 67114 de profesión INGENIERO INDUSTRIAL  
 Desempeñándome actualmente como DOCENTE  
 en LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: FICHA DOCUMENTARIA

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de mayo del Dos mil dieciocho.

  
 Mg. Gerardo Sosa Panto  
 INGENIERO INDUSTRIAL  
 CP 67114

Magister :  
 DNI : 03591940  
 Especialidad : INDUSTRIAL  
 E-mail : gsosad@cvj2@gmail.com

#### **Anexo 4. Diseño del sistema de energía fotovoltaico**

En el presente anexo se encuentran los datos requeridos para el cálculo y dimensionamiento del diseño propuesto; en orden correlativo se muestran:

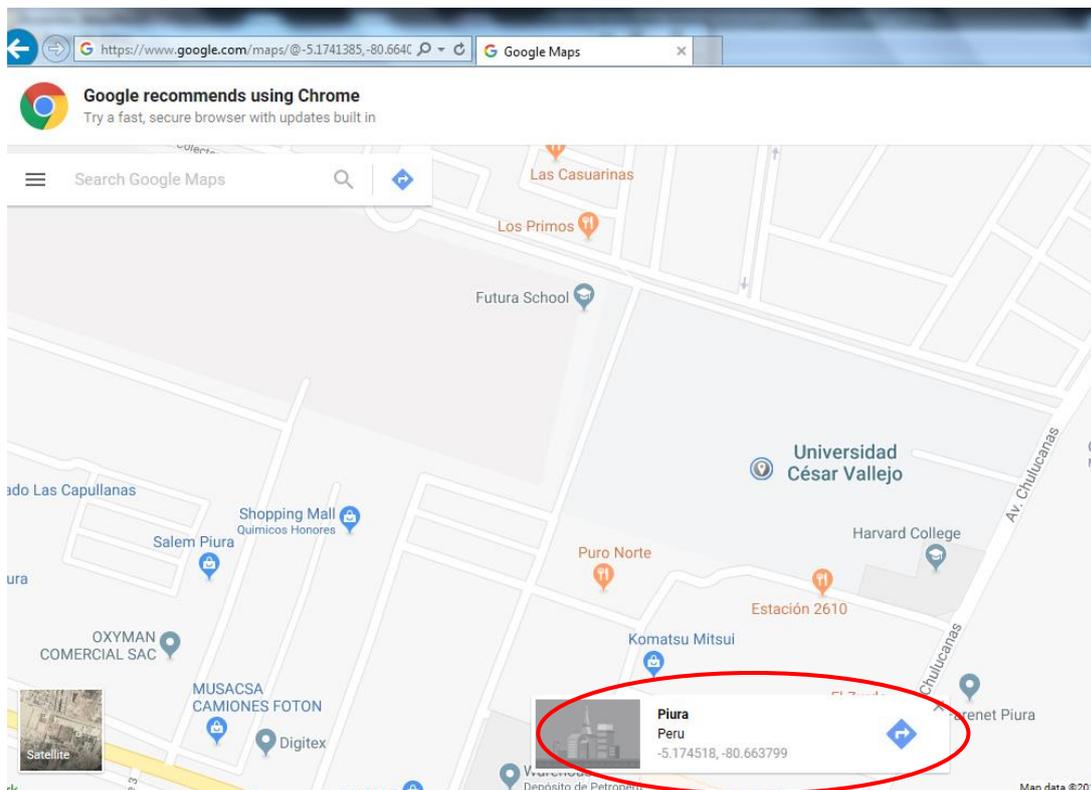
- 4.1. Cuadro de cargas
- 4.2. Coordenadas geográficas
- 4.3. Base de datos de Meteonorm
- 4.4. Cálculos del sistema fotovoltaico
- 4.5. Diagrama multifilar del diseño
- 4.6. Fichas técnicas de los componentes seleccionados

#### 4.1. Cuadro de cargas

Ítem	Descripción de la carga	ubicación	tipo de carga	Cantidad	Potencia unitaria (W)
01	Router M1000 Huawei GIE4805S	Datacenter	monofásica	1	540
02	Router Cisco 2800	Datacenter	monofásica	1	240
03	Firewall Fortinet Fortigate 500D	Datacenter	monofásica	1	202
04	Switch Catalyst 2960	Datacenter	monofásica	1	740
05	Exinda 3062 Network Orchestrator	Datacenter	monofásica	1	15
06	Router Cisco 3900	Datacenter	monofásica	1	158
07	Servidor de impresoras	Datacenter	monofásica	1	550
08	Servidor ThinkStation P500	Datacenter	monofásica	1	490
09	HP Proliant ML350	Datacenter	monofásica	1	750
10	Monitor HP S1933	Datacenter	monofásica	1	23
11	Servidor de imágenes Thinkcenter	Datacenter	monofásica	1	750
12	Servidor Compaq6000Pro Microtower	Datacenter	monofásica	1	320
13	Monitor Apple 25"	Datacenter	monofásica	1	250
14	Equipo de aire acondicionado	Datacenter	monofásica	1	6380
15	Tubo fluorescente T8	Datacenter	monofásica	8	18
16	Switch cisco 48 puertos 2960 X	Sala de comunicación 1	monofásica	1	740
17	Tubo fluorescente T8	Sala de comunicación 1	monofásica	2	18
18	Switch cisco 48 puertos 2960 X	Sala de comunicación 2	monofásica	1	740
19	Tubo fluorescente T8	Sala de comunicación 2	monofásica	4	18
20	Desktop	Registros académicos	monofásica	5	575
21	Impresora LaserJet M1212 MFP	Registros académicos	monofásica	1	375
22	Tubo fluorescente T8	Registros académicos	monofásica	12	18
23	Desktop	Oficina de caja	monofásica	9	575
24	televisor 21" LG	Oficina de caja	monofásica	2	30
25	POS - Medio de pago	Oficina de caja	monofásica	3	5

26	Cámara de seguridad	Oficina de caja	monofásica	1	7.5
27	Tubo fluorescente T8	Oficina de caja	monofásica	20	18

## 4.2. Coordenadas geográficas



Del sitio web de la compañía *Google*, mediante la aplicación *Google Earth*, se pueden verificar las coordenadas de la universidad César Vallejo en la sede de Piura, cuya dirección se registra en Av. Chulucanas s/n, Piura 20001, como:

Latitud: -5.174518  
 Longitud: -80.663799

### 4.3. Base de datos de Meteonorm

**Output**

UCV-PIURA -5.2°N / -80.7°E, 68 m

Personalizado

**UCV-PIURA**

	Gh kWh/m <sup>2</sup>	Dh kWh/m <sup>2</sup>	Bn kWh/m <sup>2</sup>	Ta °C	Td °C	FF m/s
Enero	177	75	148	26.6	19.7	3.1
Febrero	167	77	125	27.7	20.9	2.6
Marzo	190	82	150	27.6	21	2.5
Abril	182	72	155	26.1	20	2.7
Mayo	168	71	146	23.7	18.4	3.2
Junio	157	63	145	21.7	17.2	2.9
Julio	148	69	120	21.2	16.8	3
Agosto	172	80	129	21	16.5	3.2
Setiembre	188	78	153	21.2	16.5	3.6
Octubre	201	80	164	21.7	16.8	3.6
Noviembre	186	74	157	22.5	17.3	3.5
Diciembre	190	80	158	24.5	18.7	3.4
Año	2126	901	1750	23.8	18.3	3.1

**Datos de resultado**

Incertidumbre de valores anuales: Gh = 4%, Bn = 7%, Ta = 0.5 °C  
Tendencia de gh / década: - Variabilidad de gh / año: -999.0%  
Sitios de radiación interpolados: Piura (1961-1990, 7 km) (Parte de los datos de satélite:  
Temperature interpolation locations: Piura (7 km), Tumbes/Pedro Canga (183 km), Chicla

La presente tabla resume los valores de radiación registrados para las coordenadas geográficas de la universidad César Vallejo en su sede de Piura. Si tenemos en cuenta que en Julio se registró el menor valor mensual, 148 kWh/m<sup>2</sup>/mes y en octubre el mayor valor mensual, 201 kWh/m<sup>2</sup>/mes. Calculando los valores diarios se tiene que:

$$148 \text{ kWh/m}^2 \text{ en un mes } \div 30 \text{ días (1 mes)} = 4933 \text{ Wh-día / m}^2 = \underline{4.9 \text{ kWh-día / m}^2}$$

$$201 \text{ kWh/m}^2 \text{ en un mes } \div 30 \text{ días (1 mes)} = 6700 \text{ Wh-día / m}^2 = 6.7 \text{ kWh-día / m}^2$$

Para efectos de diseño se considerará el menor valor, 4.9 kWh-día/m<sup>2</sup> por tratarse de la condición más crítica registrada en el año.

#### 4.4. Cálculos del sistema fotovoltaico

##### Cálculo de inversor

El inversor se calculará teniendo en cuenta la demanda de potencia que en el presente desarrollo se determinó como 22.3 kW/día

Según ello, se han seleccionado los siguientes equipos:

Inversor InfiniSolar 10 kW

Tensión de salida DC: 48 V

Capacidad máxima de carga DC: 200A

##### Cálculo de las baterías

La capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria es:

$$C_{nd} \text{ (Wh)} = (L_{md} / P_{Dmax}) * F_{ct}$$

Donde:

$C_{nd}$ : Capacidad nominal de la batería en descarga máxima diaria

$L_{md}$ : Consumo medio de energía diario

$P_{Dmax}$ : Descarga máxima diaria

$F_{ct}$ : Coeficiente de corrección de temperatura

Tomando en cuenta la batería UPower SPO165 con las siguientes características:

Voltaje de la batería: 12V

Capacidad de la batería: 165 Ah

Descarga máxima diaria: 75%

Reemplazando  $P_{Dmax} = 0.75$  y  $F_{ct} = 1$ , en la ecuación tenemos:

$$C_{nd} \text{ (Wh)} = (83.63 \text{ kWh} / 0.75) * 1 = 111.51 \text{ kWh}$$

Para calcular la capacidad mínima requerida para el almacenamiento de energía teniendo en cuenta la descarga máxima, se cuenta con la expresión:

$$C_{nd} \text{ (Ah)} = C_{nd} \text{ (Wh)} / V_{BAT}$$

Donde:

$C_{nd}$  (Ah): Capacidad mínima de la batería en descarga máxima

$C_{nd}$  (Wh): Capacidad nominal de la batería en descarga máxima diaria

$V_{BAT}$ : Tensión de batería

Según la capacidad del inversor, el voltaje en DC para las baterías es de 48V:

Baterías en serie:  $48 / 12 = 4$  baterías.

Reemplazando tenemos:

$$C_{nd}(\text{Ah}) = 111.51 \text{ kWh} / 48\text{V} = 2323.13 \text{ Ah}$$

Teniendo en cuenta la capacidad de las baterías seleccionadas tenemos

Baterías en paralelo:  $2323.13 / 165 = 14$

En total se requerirán de 4 baterías en serie por 14 columnas en paralelo; es decir, 56 baterías.

### **Cálculo de número de módulos fotovoltaicos**

Teniendo en cuenta el valor de energía eléctrica requerida y el nivel de radiación solar e irradiancia, el cálculo del número total de módulo viene dado por:

$$EP = P_{MPP} * HPS * PR$$

Donde:

$P_{MPP}$ : Potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida

HPS: Horas de sol pico promedio

PR: Coeficiente de rendimiento

El coeficiente de rendimiento es un número adimensional que indica la relación entre la energía que puede entregar en la instalación final real y la energía calculada teóricamente. Para el presente desarrollo se tomará un coeficiente de 0.8 (80%).

Para efectos de cálculo se ha escogido un panel representativo cuyas características vienen dadas por:

Marca: CSun

Dimensiones: 1956 x 990 x 50 mm (largo x ancho x profundidad).

Material: Silicio Policristalino

$V_{MP} = 36.2V$

$P_{MPP} = 320W$

$I_{MP} = 8.84A$

Tensión de circuito abierto: 45V

Corriente de cortocircuito: 9.17A

Entonces reemplazando en la fórmula tenemos:  $EP = 36.2 * 8.84 * 4.9 * 0.8 = 1254.4$  Wh, lo cual representa la potencia que puede suministrar cada panel.

El inversor requiere en su entrada una tensión DC de 900VDC como máximo. Si tenemos en cuenta que  $V_{MP} = 36.2V$  entonces se requerirá de conectar en serie los módulos:

$$900 / 36.2 = 24.86$$

Esto quiere decir que se requieren de 25 módulos fotovoltaicos en serie.

La corriente máxima del inversor es 18.6A y la corriente máxima del panel es 8.84A por lo que se requiere de un arreglo en paralelo adicional:

$$18.6 / 8.84 = 2.10$$

Entonces el arreglo final de los paneles fotovoltaicos queda expresado por:

25 módulos en serie x 2 módulos en paralelo = 50 módulos fotovoltaicos

Dado que el inversor es trifásico, la potencia monofásica entregada será de:

$$10\ 000 * 1.73 = 17.3\ kW$$

En consecuencia, la potencia restante a cubrir será de:  $22.3 \text{ kW} - 17.3 \text{ kW} = 5 \text{ kW}$ .

Dado que el inversor requiere de 720VDC al ingreso se requerirá del mismo arreglo en serie de 25 módulos fotovoltaicos. Cada módulo fotovoltaico brinda de 320W por lo que la potencia en conjunto será de:

$$320 * 25 = 8000 \text{ W}$$

En consecuencia, se requieren de sólo 25 módulos para cubrir el restante.

En total se requieren de 50 módulos asociados al primer inversor y 25 módulos asociados al segundo inversor; es decir, 75 módulos fotovoltaicos para lograr un total de 25.3 kW

Para dividir el número de baterías que estarán asociadas al grupo de paneles de 50 y 25 se calculará según la potencia vista:

$$17.3 \text{ kW} * 3\text{h} / 0.8 = 64.88 \text{ kWh}$$

Dividiendo la energía entre el voltaje de las baterías y la capacidad se tiene que:

$$64.88 \text{ kWh} / (48\text{V} * 165 \text{ Ah}) = 8.19$$

Entonces, se asociarán a los 50 paneles fotovoltaicos 9 filas de baterías de un arreglo de 4 baterías en serie. Las 5 filas restantes se emplearán en el arreglo de 25 paneles.

### **Cableado y mano de obra**

Se requiere de cable 14 AWG para la corriente de 8.84A. El costo por rollo de 100 metros es de aproximadamente 111.90 soles; según referencias locales. Cada tramo debe estar distanciados por 4 metros y se consideran 2 polos por lo que se requiere de:

$$75 * 4 * 2 = 600 \text{ metros}$$

$$111.90 * 6 = 671.4 \text{ soles}$$

Se estima que cada panel requiere de 30 minutos de instalación. Si se requieren de 3 personas por panel se calcula que el tiempo necesario para instalar un panel será de:  $0.5 \times 3 = 1.5$  horas. Para instalar los 75 paneles se requerirán de:  $1.5 \times 75 = 112.5$  horas; es decir, 15 días. Si se considera 15 días adicionales para la instalación de los inversores y baterías y además que el sueldo promedio de un operario es de 1500 soles al mes se tiene que el costo de la mano de obra por instalación será de:

$$1500 \times 3 = 4500 \text{ soles}$$

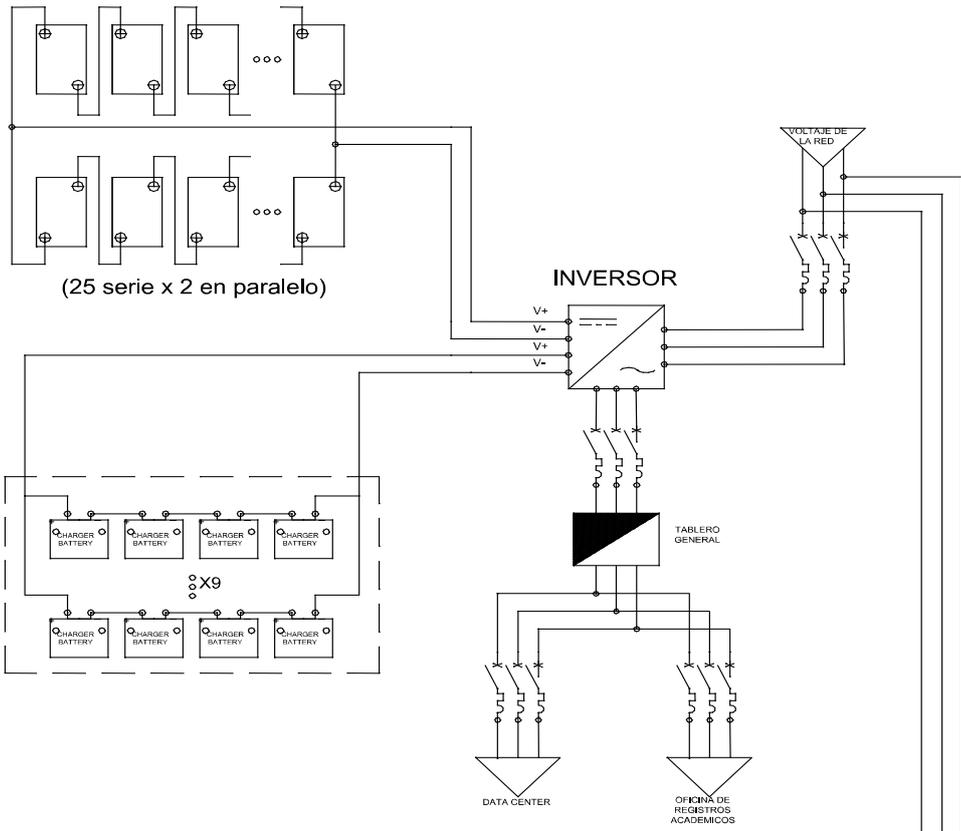
Adicionalmente, para la instalación de las baterías se requiere de cables de fuerza de 16mm<sup>2</sup> con una distancia de 40 cm por batería. El costo unitario de este cable se encuentra alrededor de 15 soles por metro lineal. En consecuencia, el costo del cable para las baterías será:

$$56 \times 0.4 \times 15 = 336 \text{ soles}$$

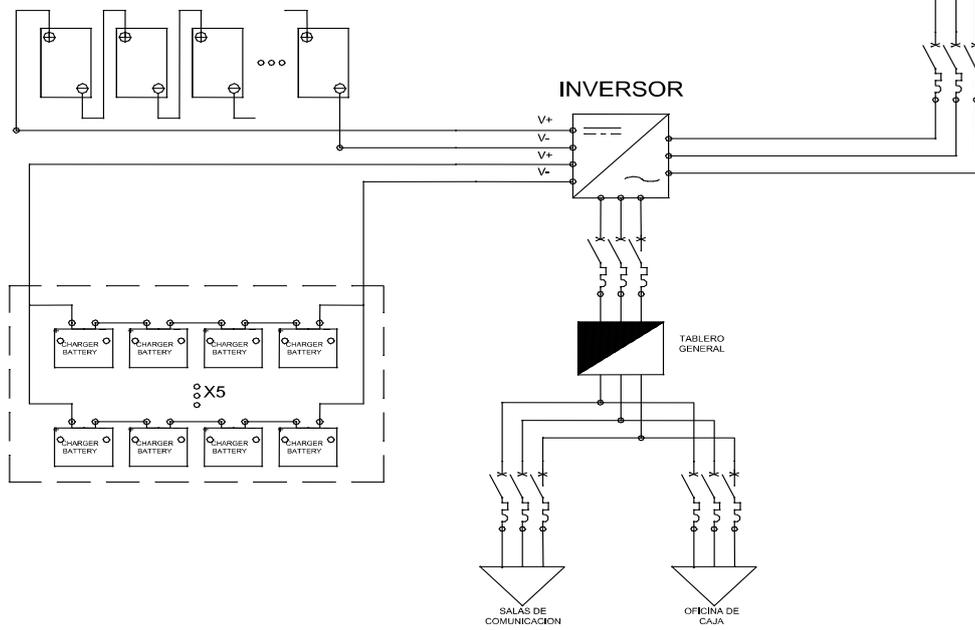
Sumando los conceptos parciales se tiene:  $671.4 + 4500 + 336 = 5507.4$  soles

#### **4.5. Diagrama multifilar del diseño**

50 PANELES SOLARES



25 PANELES SOLARES



4.6.

Fichas técnicas de los componentes del sistema de

Poly



### Powerguard Insurance Global Coverage

The power output shall not be less than 80.7% of the maximum power output (MPP) of the product 25 years after the first year of the product's life cycle. The rate of power output shall not exceed 0.7% per year thereafter, ending with 80.7% in the 25th year.

■ 25 years ■ Standard warranty







## CSUN320-72P

Premier choice for large scale project

Module Fine Performance/Type 2 (JEL 1701)  
Fire Resistance Rating/Class C (IEC 61758)

CSUN320-72P	CSUN315-72P
CSUN310-72P	CSUN305-72P
CSUN300-72P	

16.52%

Module efficiency

320 W

Highest power output

10 years

Material Workmanship warranty

25 years

Linear power output warranty

- Industry-leading conversion efficiency
- Positive tolerance offer
- Passed salt mist & ammonia corrosion, blowing sand and hail testing
- Certificate withstand wind (2400 Pa) and snow load (5000 Pa)
- Excellent performance under weak light condition
- Good temperature coefficient enables better output in hot climates

- China Sunergy Co., Ltd. designs, manufactures and delivers high efficiency solar cells and modules to the world from its production centers based in China, Turkey, South Korea and Mexico.
- Founded in 2004, China Sunergy's well known for its advanced solar cell technology, reliable product quality, and excellent customer service.
- As one of leading Hi enterprises, China Sunergy has delivered more than 4.6GW of solar products to residential, commercial, utility and off-grid projects all around the world.

\*Note: All specifications, warranties, certifications and details of CSUN series are listed in CSUN Datasheet

All information and data are subject to change without notice and are provided without liability.



61

## Anexo 5: Acta de originalidad

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : P06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Gabriel Ernesto Borrero Carrasco, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo Filial Piura, revisor (a) de la tesis titulada "Diseño de un sistema de energía fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica al pabellón 'A' de la Universidad César Vallejo Piura", del (de la) estudiante Haro Sánchez Hamilton Javier, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Piura, 14 de Julio de 2021

  
**ING. MSc GABRIEL ERNESTO BORRERO CARRASCO**  
DOCENTE DE ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL  
CIP N° 88222  
gborreroc@ucvvallejo.edu.pe

Revisó	Viceministerio de Investigación/ <b>DEVAC</b> /Responsable del SGC	Aprobó	Revisorado
--------	--	--------	------------

**NOTA:** Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentre fuera del Campus Virtual Típicos serán considerados como **CDRA NO CONTROLADA**.

## Anexo 6: Turnitin

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**'Diseño de un sistema de energía fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica al pabellón 'A' de la Universidad César Vallejo Piura'**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**  
Br. Haro Sánchez, Hamilton Javier (ORCID: 0000-0002-3979-8814)

**ASESOR**

Resumen de coincidencias

**19 %**

1	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	3 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	2 %
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 %
5	ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	traja.com.pe Fuente de Internet	1 %
7	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	1 %
8	ingeniero.com.ar Fuente de Internet	1 %
9	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	<1 %
10	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	<1 %

  
**ING. MBA GABRIEL ERNESTO BORRERO CARRASCO**  
DOCENTE DE ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL  
CIP N° 89222  
gborreroc@ucvvirtual.edu.pe

A