



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Factibilidad de la Interconexión de la Central de Generación Fotovoltaica de  
10 kw al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para Aumentar la  
Confiabilidad de la Energía Jaén

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR**

Br. Wilmer Cieza Zurita (ORCID: 0000-0001-7262-1103)

**ASESOR**

Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio (ORCID: 0000-0001-5900-2260)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Generación, Transmisión y Distribución

**CHICLAYO - PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Mientras estamos de paso en este mundo, siempre habrá retos que afrontar, la universidad es uno de ellos, al estar dentro de ella, uno despierta y se da cuenta que además de ser un reto, es una plataforma para el conocimiento del campo en el que uno está inmerso, entonces es cuando se tiene que dar lo mejor de sí mismo y sacar provecho de la enseñanza, con el fin de encaminarse en un mejor futuro y ser útil para la sociedad y la familia.

Esta tesis va dedicada a una persona muy especial, la Dra. María Linet Pérez Torres y a toda la gran familia que pertenezco orgullosamente.

**Wilmer Cieza Zurita**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecido a Dios por darme fuerzas para lograr un objetivo más, ya que considero difícil lograr culminar con bien un propósito sin su ayuda.

Agradezco a cada profesional que con mucha perseverancia formó parte de este proceso de adiestramiento, que al final, como prueba clara deja nuevos frutos para ser aprovechados en un futuro cercano y como recuerdo queda esta tesis que permanecerá dentro del conocimiento de nuevas generaciones.

Cabe aclarar que sencillo no ha sido el proceso, pero gracias al esfuerzo y dedicación he logrado terminar el desarrollo de mi tesis con éxito.

**El autor**

# PÁGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 12:00 horas del día 12 de julio del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección académica N° 1242-2019/UCV-CH, de fecha 10 de julio de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: "FACTIBILIDAD DE LA INTERCONEXIÓN DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 KW AL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD DE ENERGÍA" JAÉN.", presentado por el(la) (los) bachiller CIEZA ZURITA, WILMER, con la finalidad de obtener el título de ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

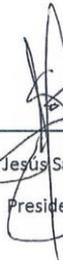
Presidente : Ing. Aníbal Jesús Salazar Mendoza  
Secretario : Ing. Edilbrando Vega Calderón  
Vocal : Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

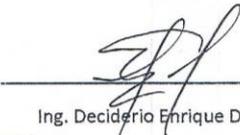
APROBADO POR MAYORIA

Siendo las 12.40 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 12 de julio de 2019

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Aníbal Jesús Salazar Mendoza  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Edilbrando Vega Calderón  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio  
Vocal

CAMPUS CHICLAYO  
Carretera Pimentel Km. 3.5  
Tel: (074) 481 616 Anx.: 6514



fb/UCV.PERU  
@UCV\_PERU  
#SALIR ADELANTE  
ucv.edu.pe

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, CIEZA ZURITA, Wilmer, con DNI 44043593 a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veras y auténtica.

Así mismo declaro también bajo juramente que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 15 de Diciembre del 2018



---

WILMER CIEZA ZURITA  
DNI N° 44043593

## INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
INDICE .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	13
1. Realidad Problemática .....	13
1.1. Trabajos previos.....	15
1.2. Teorías relacionadas con el tema .....	16
1.3.1. Energía solar fotovoltaica .....	16
1.3.2. Radiación solar .....	17
1.3.3. El sistema fotovoltaico .....	17
1.3.4. Parámetros fotovoltaicos .....	19
1.3.5. Planta solar fotovoltaica.....	19
1.3.6. Dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico.....	19
1.3.7. Avances en la tecnología fotovoltaica.....	20
1.3.8. Tipos de instalaciones fotovoltaicas .....	22
1.3.9. Ventajas de las interconexiones .....	23
1.3.10. Cálculo de la productividad de un SFCR.....	24
1.3.11. Pérdidas en un sistema .....	24
1.3.12. Generación distribuida.....	24

1.3.13.	Redes inteligentes.....	26
1.3.14.	Certificación de los equipos fotovoltaicos.....	27
1.3.15.	Potencial energético renovable del Perú.....	28
1.3.16.	Atlas de niveles de radiación en el Perú.....	28
1.3.17.	Centrales de generación eléctrica que utilizan fuentes convencionales para producir energía en Perú.....	31
1.3.18.	Cuanto contamina generar energía eléctrica con fuentes convencionales .....	31
1.3.19.	Normas nacionales y estándares internacionales de calidad de energía eléctrica.....	31
1.3.20.	Barreras y limitaciones de un sistema fotovoltaico.....	35
1.3.21.	Plan de acción.....	37
1.3.22.	Normatividad eléctrica internacional.....	39
1.3.	Formulación del problema.....	40
1.4.	Justificación del estudio. ....	40
1.5.	Hipótesis .....	41
1.6.	Objetivos de la investigación.....	41
1.7.1.	Objetivo General.....	41
1.7.2.	Objetivos específicos.....	41
II.	METODOLOGÍA .....	42
1.1.	Diseño de la investigación.....	42
1.2.	Variables, Operacionalización.....	43
1.3.	Población y muestra.....	45
1.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
2.4.1.	Validez y confiabilidad .....	46
2.4.2.	Observación Directa .....	46
2.4.3.	Análisis documental y bibliográfico .....	47

1.5. Métodos de análisis de datos.....	47
1.6. Aspectos éticos .....	47
III. RESULTADOS .....	47
IV. DISCUSION DE RESULTADOS .....	69
V. CONCLUSIONES .....	72
VI. RECOMENDACIONES .....	73
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	74
ANEXOS .....	79
ANEXO N° 1 .....	79
ANEXO 6:.....	90
ANEXO 7: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	93
ANEXO 8: DIAGRAMA GENERAL DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA .....	94
ACTA DE ORIGINALIDAD DE TURNITIN.....	97
FORMATO DE AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN .....	98
AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Inversor de conexión a red .....	18
Figura 2 Esquema básico de una instalación fotovoltaica conectado a la red .....	23
Figura 3: Energía solar incidente diario promedio anual (1975-1990).....	29
Figura 4: Energía incidente diaria en el departamento de Cajamarca.....	30
Figura 5: Heliofanía promedio anual en el área de estudio .....	48
Figura 6: Promedio de heliofanía en estaciones meteorológicas de SENAMHI ...	49
Figura 7: Distribución espectral promedio en la zona de estudio .....	50
Figura 8: Radiación anual por kW/h m <sup>2</sup> /día .....	51
Figura 9: Meteorología de superficie y energía solar .....	52
Figura 10: Conexión de módulos (serie-paralelo).....	57
Figura 11: Corrientes para conductores según su sección .....	62
Figura 12: pliego tarifario BT5B para Jaén .....	64
Figura 13: Resultados de la Pregunta N°1 de la Encuesta .....	66
Figura 14: Resultados de la Pregunta N°2 de la Encuesta .....	67
Figura 15: Resultados de la Pregunta N°3 de la Encuesta .....	68
Figura 16: Resultados de la Pregunta N°4 de la Encuesta .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Potencial energético renovable del Perú .....	28
Tabla 2: Operacionalización de Variables .....	43
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	45
Tabla 9: Normatividad .....	53
Tabla 4: Radiación en kW/m <sup>2</sup> /d .....	54
Tabla 5: Potencia máxima en HSP.....	56
Tabla 6: Módulo TP660P.....	57
Tabla 7: Parámetros de salida del sistema solar según configuración anterior....	58
Tabla 8: Parámetros a tener en cuenta en la selección del inversor .....	59
Tabla 10: Tabla de costos .....	63
Tabla 11: Ingresos por energía producida.....	65
Tabla 12: Tiempo de recuperación de la inversión.....	65

## RESUMEN

**Objetivos:** “Determinar la Factibilidad de la Interconexión de la Central de Generación Fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para amentar la confiabilidad de la energía Jaén.” **Metodología:** Estudio descriptivo, transversal y aplicativo. **Recolección y procesamiento de datos:** Recolección de datos mediante observación directa y revisión de documentos tanto legales como guías técnicas. Los datos y cálculos fueron procesados mediante el programa Microsoft Excel y algunas figuras también se elaboraron en este programa. **Resultados:** se determinó que la radiación para Jaén varía entre 3.46 kWh/m<sup>2</sup> y 5.68 kWh/m<sup>2</sup>, además el Decreto Legislativo No. 1221 permite introducir excesos de la producción de energía eléctrica al sistema de distribución. Costo total de la inversión es de S/. 38830 y la generación eléctrica puede producir un ingreso anual de S/. 5512 por lo cual la inversión se puede recuperar en 7 años. El VAN es S/. 11149 y el TIR 13.59% **Conclusiones y recomendaciones:** se demostró la factibilidad técnica, en tanto que en el ámbito legal es factible parcialmente debido a que hay una ley que lo respalda pero aún no está reglamentada; también se encontró factibilidad económica ya que el tiempo de recuperación de la inversión es determinado en un corto plazo.

**Palabras clave:** Energía, factibilidad, fotovoltaico

## ABSTRACT

**Objectives:** Determine the feasibility of the interconnection of the photovoltaic generation plant to the National Electrical Interconnected System Jaén-2018. **Methodology:** Descriptive, transversal and applicative study. **Collection and processing of data:** Data collection through direct observation and review of both legal documents and technical guides. The data and calculations were processed using the Microsoft Excel program and the figures were also elaborated in this program. **Results:** it was determined that the radiation for Jaén varies between 3.46 kWh / m<sup>2</sup> and 5.68 kWh / m<sup>2</sup>, in addition Legislative Decree No. 1221 allows introducing excess production of electric power to the distribution system. Total cost of the investment is S /. 38830 and the electric generation can produce an annual income of S /. 5512 for which the investment can be recovered in 7 years. The VAN is S /. 11149 and the TIR 13.59 %. **Conclusions and recommendations:** You demonstrated the technical feasibility, while in the legal space it is feasible partially owed to that there is a law that backs it but not yet it is regulated; Also you found cost-reducing feasibility since the time of recuperation of investment is determined in a short run.

**Keywords:** Energy, feasibility, photovoltaic

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1. Realidad Problemática**

Como es notorio el sector eléctrico a nivel general se está reestructurando, debido al crecimiento constante del consumo de electricidad. Las distintas formas de energías alternativas pueden ayudar de manera muy significativa a los sistemas de generación convencionales. Es por eso que estas fuentes alternativas cada día están adquiriendo más interesados en su desarrollo y aplicaciones, esto convierte a las energías renovables en alternativas viables y así mejorar la actual situación energética en el mundo.

#### **A Nivel Internacional**

Como es notorio, el interés de generación de energía por fuentes de energía no convencionales, además de que la contaminación avanza a pasos agigantados no se alcanza a equilibrar el crecimiento de la demanda, algunos países de la región presentan serios problemas de abastecimiento energético, este problema genera la opción del desarrollo de tácticas que alienten y promocionen las energías renovables como políticas de estado (Guzowski y Recalde, 2008,p.2).

- **México**

Según estudios de impacto ambiental, en México se le está atribuyendo la contaminación por gases invernaderos a la forma de producir electricidad, ya que más de tres cuartas partes de esta se genera a través de fuentes convencionales como el carbón, gas natural y combustóleo, para reducir este problema sería necesario la introducción de energía renovable a la red (Quadri de la Torre, 2011, p. 12).

- **El Salvador**

El Salvador se enfrenta a grandes desafíos relacionados con la deficiente inversión en esparcimiento de la magnitud de generación eléctrica, [...] por lo tanto, es necesario el cambio de la central de generación energética basándose en las energías no convencionales. Ya que el salvador cuenta con un buen potencial energético renovable que no se está aprovechando,

sería necesario evaluar la viabilidad de generación fotovoltaica con el fin de instalar sistemas fotovoltaicos interconectados a la red para favorecer la variación de la matriz de energía, promover el uso de estas tecnologías en el país y aliviar el medio ambiente (Ventura, 2014, págs. 3,4)

### **1.1.2. Realidad problemática nacional**

El rápido crecimiento poblacional que está experimentando el Perú es uno de los desafíos más grandes a enfrentarse, para conservar el nivel de desarrollo, es necesario afirmar el suministro de energía a precios competitivos y de manera sostenible en el tiempo. Una de las metas trazadas por la política energética para los próximos años es definir una hoja de ruta de las políticas a largo plazo en materia energética y favorecer el crecimiento con energía limpia, segura y renovable (Gamio, 2017).

Según (Laub, 2016). Especialista en temas energéticos en una entrevista a RPP NOTICIAS advirtió que a partir del año 2017 el Perú enfrentaría serios problemas con la falta de energía eléctrica. Enfatizando la falta de apoyo del estado a las empresas generadoras de electricidad desde fuentes limpias, al poner demasiados trabas y trámites burocráticos.

### **1.1.3. Realidad problemática a nivel regional**

Es característico que una buena parte del territorio de la región Cajamarca tenga niveles de radiación no muy elevados por pertenecer a una zona próxima a la cordillera de los andes, pero existen ciudades como Jaén que cuentan con un nivel de radiación bastante elevados que bien podría ser aprovechado por los sistemas fotovoltaicos haciendo un aporte al SEIN y también sacar beneficios para sus productores.

### **1.1.4. Realidad problemática a nivel local.**

En Jaén contamos con veranos largos, si son nublados, son muy calientes y los inviernos bastante cortos y secos, especialmente despejados. La temperatura en el transcurso del año varía entre 17 °C y 32 °C. Esto nos da a conocer el enorme potencial energético que se está desperdiciando; más aun viviendo en una época

tecnológica que fácilmente se podría aprovechar utilizando sistemas fotovoltaicos para luego interconectarlos al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN.)

## **1.1. Trabajos previos**

### **1.2.1. Internacionales**

La revista (Energy y Environmental Science, 2018) da a conocer el escalón del crecimiento de obtención de energía a partir de fuentes renovables en estos últimos años, teniendo una inversión aproximada a los \$ 330 mil millones en 2017. De tal manera que la unión europea estableció un objetivo de llegar a un consumo del 20% de energías no convencionales para el 2020. Comparado con otros recursos renovables, la energía solar ha reducido notoriamente el impacto ambiental.

- **Chile**

(Pérez, 2015). En su tesis “Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica e Interconexión Sinc-Sic”. Da a conocer que el ingreso de distintas Energías Renovables no Convencionales (ERNC) en primera instancia produjo cambios regulatorios (como la obligación anual de generación con fuentes de ERNC para suministrar tratados de energía). Favoreciendo a las ERNC, el nuevo diseño de licitación de contrato de energía para suministro de clientes regulados (este define conjuntos de energía según una categorización horaria para ser suministrados por distintos tipos de tecnología). Esto ha traído como resultado un ingreso significativo de energía solar fotovoltaica y eólica, causando una baja en los precios ofrecidos en los procesos de licitación. Con esto se ha favorecido el desarrollo de estas tecnologías en un contexto de mercado competitivo (p.7).

- **México**

(Suarez, 2010, p.1). En su tesis “Impacto de la Generación Eólica y Solar en el Sistema Eléctrico de Baja California” menciona que las energías renovables en México están respaldadas por la ley actual de servicio eléctrico donde hace énfasis a la generación distribuida, acoplando figuras de autogenerador y pequeño productor.

## **1.2.2. Nacionales**

Uscuvilca, (2016) en su proyecto de tesis “Aprovechamiento de la energía solar y fotovoltaica en conexión a la red de distribución eléctrica para uso eficiente de energía en viviendas”, [...] con el fin de disminuir los costos de energía y demostrar que es factible la generación de electricidad en pequeña escala y conectarlo a la red de distribución eléctrica de baja tensión (p.16).

Serván S. J,( 2014) en su tesis “Análisis técnico - económico de un sistema híbrido de baja potencia solar conectado a la red” desarrolla un estudio que evalúe en base a datos de radiación en un lugar determinado, el potencial energético aprovechable en dicha zona, viendo la necesidad de dar a conocer las medidas sobresalientes a tenerse en cuenta para instalaciones de generación renovable alterna, proyectado conectarse a la red pública (p.1).

Por otro lado, la Central Majes Solar – Arequipa: proyecto que busca generar electricidad teniendo como objetivo, proveer energía al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), utilizando el potencial lumínico del sol (Osinergming, 2018).

## **1.2. Teorías relacionadas con el tema**

### **1.3.1. Energía solar fotovoltaica**

El Sol considerado como un principal pilar de vida y umbral de los demás signos de energía, utilizado por el humano desde el principio, es capaz de compensar una gran cantidad de nuestras necesidades si tomamos conciencia en cómo beneficiarse racionalmente de la luz que diariamente irradia con fuerza el planeta (Censolar, 2017).

Llamada energía solar fotovoltaica por ser convertida en energía útil por el hombre mediante dispositivos. Según estudios el sol cada año proyecta un aproximado de 4 mil cantidades más de energía a la que somos capaces de usar, por lo que su potencial es inmenso e ilimitado, la energía aprovechable está sujeta al año, día, hora y altitud. (Vilches, 2010, p. 20).

Denominada energía fotovoltaica a la tecnología que produce corriente continua a través de dispositivos semiconductores al ser irradiados por un grupo de fotones,

cuando la luz incurre sobre las células solares, se produce potencia eléctrica y cuando la luz se apaga, deja de producir electricidad (Huidobro, s.f., p. 53).

### **1.3.2. Radiación solar**

Existen diferentes tipos de radiación solar, en línea recta, se denomina radiación directa, la que procede de diversas orientaciones es denominada radiación difusa. Uniendo ambas radiaciones obtenemos la radiación absoluta o total; la radiación directa sigue un trayecto lineal teniendo mínimos desvíos al traspasar la atmósfera terrestre (Hernandez, Escobar y Casilla, 2001).

Una atmósfera con un nivel de turbidez alto favorece a acrecentar la cantidad de radiación difusa en disminución de la radiación directa, cuando el día es nublado, la radiación del sol mayormente sería difusa. En los días soleados sobresale la radiación directa sobre la radiación difusa (Hernández, Escobar y Casilla, 2001).

### **1.3.3. El sistema fotovoltaico**

Instalación que convierte la fuerza radiactiva solar en energía eléctrica aprovechable. Su importancia radica en la simplicidad de la técnica, la manera fácil de instalar, su fiabilidad, además de no emitir ruido tiene una gran durabilidad y su mantenimiento es casi nulo. (Escalpes, 2012, p. 22).

- **Célula fotovoltaica**

Este dispositivo tiene la propiedad de convertir la radiación solar en electricidad, principalmente están constituidas por materiales semiconductores especiales, uno de estos es el silicio y es el más usado (Diaz, 2017, p. 20).

- **Módulo fotovoltaico**

Denominado así por tener una interconexión eléctrica de un definido número de células solares de tal forma que la corriente y tensión suministrada se amplíe hasta ajustarse al valor esperado. La unión de células fotovoltaicas puede ir en configuración serie o paralelo (Quispe, 2017, p. 39).

- **Inversor**

Equipo encargado de hacer la transformación de corriente continua a corriente alterna. Debe tener una potencia menor a la potencia máxima del generador fotovoltaico, de lo contrario afectaría su potencia nominal del equipo. Su potencia

nominal oscila entre 0.7 y 1.2 veces la potencia máxima del generador fotovoltaico (Quispe, 2017, p. 50).

Figura 1



- **Contador**

Un sistema fotovoltaico puede estar constituido por varias infraestructuras autónomas, cada una de estas instalaciones debe ir con un contador para registrar la venta de electricidad a la compañía (Huidobro, s.f.).

- **Contador bidireccional**

Un medidor bidireccional como su nombre lo dice tiene la capacidad de tomar medidas eléctricas ya sea del consumo del predio o viceversa, puede tomar medidas de la cantidad de energía que la instalación generadora entrega electricidad a la concesionaria. Un medidor bidireccional es una buena opción para los interesados que quieren comenzar a utilizar la energía fotovoltaica como fuente de electricidad. (Censolar, 2017).

#### 1.3.4. Parámetros fotovoltaicos

Quedan determinados por una serie de parámetros eléctricos referidos a unas condiciones climáticas denominadas STC.

- Temperatura de la célula: 25°centígrados
- Irradiancia solar: 1.000 W/m<sup>2</sup>
- Volumen de aire: 1.5 AM (Quispe, 2017, p. 42).

#### 1.3.5. Planta solar fotovoltaica

“[...] al profundizarse y agrupar muchas células fotovoltaicas se puede generar bastante energía, mucho más de la que se consume, entonces la energía sobrante se estaría vendiendo a la compañía eléctrica”. (Huidobro, p. 55).

#### 1.3.6. Dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico.

Para calcular la magnitud de un sistema fotovoltaico se debe tomar en cuenta los datos de radiación incidente diaria enfocados en el área de ubicación de los módulos, como también el rendimiento de los módulos incluyendo las pérdidas por conexión, y otros parámetros como la temperatura y acumulación de suciedad (Obregozo y Arivilca, pág. 49).

$$N = N_{pp} \times N_{ps}$$

Ecuación 1.- número de módulos solares

$$N_{ps} = \frac{V_{ng}}{V_{np}}$$

Ecuación 2: módulos en serie para tensión del sistema

$$N_{pp} = \frac{L}{I_m \times G}$$

Ecuación 3: módulos en paralelo para la intensidad requerida

Donde:

**Vng** : Tensión nominal de la instalación (voltios)

**Vnp** : Tensión nominal del módulo (voltios)

**L** : Energía real a suministrar (watts hora)

**Im** : Valor medio que toma la intensidad en el rango de tensión de trabajo desde el punto de máxima potencia el de corto circuito (amperio)

**G** : Radiación media mensual sobre el plano inclinado en el peor mes (watts hora por metro cuadrado)

### **Dimensionamiento de la sección de conductores eléctricos**

La sección del conductor se determinará de acuerdo a la intensidad y voltaje que circula por este. Teniendo las siguientes formulas:

La intensidad la calcularemos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

P = potencia eléctrica consumida (W)

V = tensión de alimentación (V)

$\cos \varphi$  = factor de potencia

#### **1.3.7. Avances en la tecnología fotovoltaica**

El estado de avance del estudio de arte/ciencia fotovoltaica en la actualidad está muy adelantado, como se muestran algunos estudios (González, p. 6).

- **Producción de electricidad con cristales de silicio.**

El silicio policristalino es una tecnología barata para producir electricidad, aunque su eficiencia es un poco menor, pero se ve recompensada al

conectar una buena cantidad de estas. Son usadas en más de un 50 % en los equipos eléctricos solares (González, p. 6).

- **Películas delgadas de silicio amorfo.**

Son baratas para producir electricidad y más eficiente que los de silicio cristalino. Según las pruebas realizadas en laboratorio una película delgada de un micrón de grosor puede absorber hasta un 90% de la luz solar que irradia en esta (González, p. 6).

- **Concentradores solares.**

Es una tecnología que concentra la luz solar utilizando lentes ópticas para aumentar la potencia del sol que cae en las celdas solares para un mejor aprovechamiento, la mayor cantidad de celdas solares de esta tecnología están hechas de silicio cristalino, este sistema utiliza mecanismos para mantenerse en dirección al sol (González, p. 6).

### **Tecnología termofotovoltaica.**

Denominada así porque además de utilizar a la luz solar para producir electricidad lo complementa utilizando un semiconductor sintonizado que capta la radiación infrarroja que emiten los cuerpos calientes (González, p. 6).

“La revista (Science Energy, 2018) en la publicación “titulada Renacimiento de los materiales relacionados con el grafeno en la energía fotovoltaica debido a la aparición de células solares de perovskita de haluro metálico” demuestra que los materiales relacionados con el grafeno ofrecen características similares al grafeno y la capacidad de ajuste de las propiedades químicas, eléctricas y físicas a través del dopaje y la funcionalización. Las células solares de perovskita de haluro metálico forman la tecnología fotovoltaica más avanzada, mostrando un aumento exponencial en la eficiencia de conversión de energía certificada. El desafío más pronunciado es la estabilidad de estos dispositivos, que ha limitado sus aplicaciones prácticas y comercialización. La sinergia entre las propiedades de los semiconductores de perovskita de haluro metálico y los GRM se ha revelado recientemente y ha contribuido a la realización de células solares de perovskita altamente eficientes con una impresionante estabilidad operativa. En este trabajo, revisamos el progreso realizado en el campo específico de las células solares de perovskita de halogenuros metálicos a base de grafeno desde 2013. El impacto de la explotación de grafeno y GRM en esta tecnología fotovoltaica es múltiple, ya que ha resultado en el desarrollo

de cristales de perovskita de alta calidad para la fabricación de dispositivos más estables y flexibles que exhiben un alto rendimiento.”

### **Contra electrodos basados en dicalcogenuro de metal de transición bidimensional para células solares sensibilizadas por colorante**

Este tipo de células sensibilizadas con colorante (DSSC) están ganando considerable interés como alternativas a las células solares de película delgada a partir de semiconductores. El metal noble platino (Pt) se usa convencionalmente como un material de contraelectrodo (CE) para fabricar DSSC, ya que Pt es caro y escaso, por lo tanto, se han explorado nuevos materiales para desarrollar contraelectrodos libres de Pt rentables. Los contraelectrodos bidimensionales (2D) basados en grafeno han logrado la mayor eficiencia de conversión de potencia (PCE,  $\eta$ ) del 13%, lo que ha estimulado las actividades de investigación en dicalcogenuros de metal de transición en capas 2D (TMD) para desarrollar DSSC libres de Pt (RSC Advances, 2017).

### **Cosecha de luz solar con nanocristales de calcogenuro de metales múltiples**

La revista, (Science Energy, 2018). en su artículo el estado del arte en la síntesis de nanocristales (NC) de calcogenuros metálicos da a conocer sus aplicaciones como absorbentes de luz o como un componente auxiliar de sistemas de recolección de luz. incluyendo las células solares de estado sólido, unión líquida y sistemas fotocatalíticos / fotoelectroquímicos, todos estos diseñados para transformar luz solar en electricidad.

#### **1.3.8. Tipos de instalaciones fotovoltaicas**

- **Aisladas y conectadas a la red**

Las aisladas abastecen sus cargas únicamente por la energía fotovoltaica, no dependen de la energía eléctrica de la red convencional. En cambio, las instalaciones conectadas a la red tienen el fin destinado a la venta de energía al sistema (Domínguez y Salvatierra, 2016).

- **Interconexión fotovoltaica a la red**

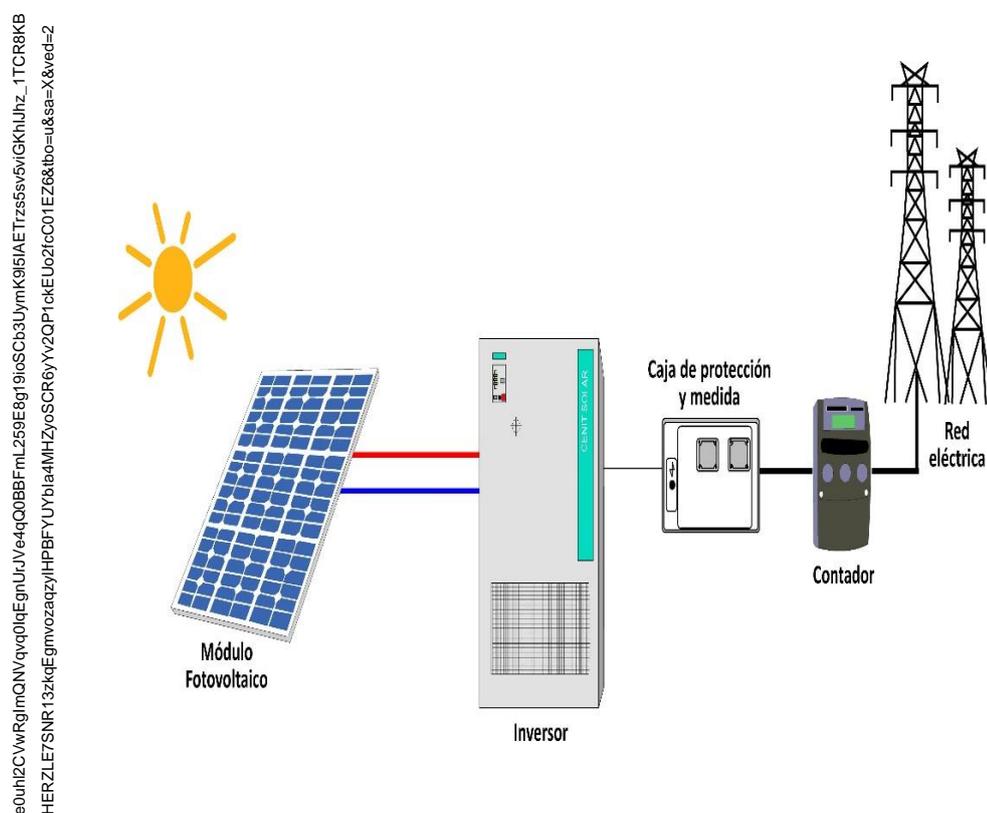
En muchos países hace poco tiempo, sólo era posible instalar legalmente paneles solares para autoconsumo en viviendas, sólo estaba autorizada a las empresas eléctricas la producción de electricidad y su distribución (Sitiosolar.com, s.f.).

La función de las instalaciones fotovoltaicos acoplados a la red, es generar energía eléctrica en entornos apropiadas para poder inyectar a la red

habitual. La energía producida será consumida total o parcialmente en sus propias instalaciones, en tanto la energía sobrante se inyectará en la red de distribución pública en diferentes puntos de consumo (Perpiñan, Colmenar y Castro, 2012, p. 15).

Se interconecta la instalación a la red eléctrica pública, de esta manera se permite el intercambio de energía, aportando la energía sobrante a la red y su utilización en periodos de menor producción (Huidobro, s.f., p. 56).

Figura 2



*Esquema básico de una instalación fotovoltaica conectado a la red*

### 1.3.9. Ventajas de las interconexiones

Una de las principales ventajas de las interconexiones eléctricas es que, al unir las diversas fuentes productoras de energía, se logra contar con abastecimiento de un costo menor, mejor calidad y mayor seguridad (Hugh, 1997, p. 11).

### **1.3.10. Cálculo de la productividad de un SFCR**

Perpiñan et al (2012) [...] la potencia de salida está determinada por los siguientes factores:

- La temperatura eléctrica a la que está sujeto el generador fotovoltaico.
- Al no contar con información específica, se puede asumir un valor consecuente  $T=25^{\circ}\text{C}$  en el caso de simulaciones anuales.
- El inversor y su curva de eficiencia además su ventana de búsqueda.
- Las sombras y el impacto sobre el generador.
- La conducta eléctrica del generador fotovoltaico.
- Es una práctica usual considerar constantes las pérdidas relacionadas a los conductores de BT/MT (por ejemplo 1.5%) como también ajustar parámetros del transformador si se contara con tal información, o tomar un valor constante de pérdidas por ejemplo al 2.5%.

### **1.3.11. Pérdidas en un sistema**

El performance ratio (PR) es una causa admitida para adjuntar las pérdidas en un sistema fotovoltaico que no depende de condiciones meteorológicas en un periodo independiente del lugar donde está ubicado. En tal sentido este enunciado no se adecúa con la realidad, porque bastantes pérdidas incluidas en el PR se relacionan con la climatología de dicho lugar, siendo predominante los efectos del clima ya que de esto dependerá la potencia que entregará la instalación fotovoltaica, de ahí que este factor es variable ya sea diariamente o de un mes a otro (Perpiñan, Colmenar y Castro, 2012, p. 46).

### **1.3.12. Generación distribuida**

“En los últimos años, la penetración de la generación distribuida en el sector eléctrico tiene varios beneficios, como la disminución de pérdidas del sistema, mejorando el perfil de voltaje, aliviando la demanda pico, aliviando el sobrecargado de líneas de distribución, reduciendo los impactos ambientales, aumentando en general la eficiencia energética” (Bahrami y Imari, 2014).

(Colmenar, Borge, Collado y Castro, 2015) [...] en su informe da a conocer que la generación distribuida es aquella que está más cerca al consumidor, ya que en muchos de sus casos propios es el consumidor el que la genera.

## ▪ **Acceso a la energía gracias a la generación distribuida**

Según la revista (REN, 2015) el acceso a la electricidad aun es limitada dando a conocer que un 15% de la población mundial aún no tiene acceso a esta. Asimismo, un aproximado de 2,9 billones de personas utiliza fuentes contaminantes para cocinar.

La generación distribuida es una de las tecnologías avanzadas en el ámbito eléctrico y están ayudando a solucionar estos problemas, suministrando servicios de energía básicos en áreas donde era imposible el acceso de la electricidad. (REN, 2015).

También la revista (REN, 2015) nos da a conocer que cada vez la generación distribuida tiene un papel mayor al promover el desarrollo de mini y micro- redes), siendo más económicas y superando las fuentes de generación de electricidad tradicionales.

## ▪ **Almacenamiento energético en la generación distribuida**

La energía no puede ser almacenada de forma sencilla especialmente cuando hablamos de energía eléctrica.

Debemos tener en cuenta los siguientes sistemas:

- Bombeo de H<sub>2</sub>O.
- Compresión de aire
- Volantes de inercia
- Hidrógeno
- Fotovoltaico
- Geotérmica, Mareomotriz
- Acumuladores
- Condensadores magnéticos (SMES)
- Supercondensadores
- Biomasa (Colmenar, Borge, Collado y Castro, 2015).

- **Tecnologías para la generación distribuida**

Según Colmenar et al. (2015) argumenta que todas las tecnologías renovables son idóneas para este tipo de generación así mismo enfatiza que esto sucede desde el momento en que estas tecnologías alcanzan su madurez tecnológica y que sean capaces de suministrar una energía segura y a un bajo precio.

Los espectros del autoconsumo de energía pueden cubrirse con las tecnologías de biomasa, eólica y fotovoltaica. Siendo la tecnología fotovoltaica la que parece cubrir la mayor parte de la potencia en los venideros cuatro a diez años” Colmenar et al. (2015).

- **Sistemas de potencia y Smart Grid**

Se denomina Smart Grid a un sistema inteligente donde se monitorea de manera permanente el rendimiento, el análisis, la capacidad de la red, con el fin de poder aumentar la eficiencia energética (Gonzales y Francisco).

El Smart Grid tiene la capacidad de comprender el conjunto de elementos que componen un sistema eléctrico ya sea de generación o de consumo, también tiene que ver con los efectos de enlace con otros tipos de energía (Gonzales y Francisco).

- **La tecnología AMI**

La tecnología de medición avanzada AMI, conocida en inglés como (medidores digitalizados de estado sólido, con comunicación de doble vía entre la compañía de abastecimiento eléctrico y el medidor) forma parte de una red eléctrica inteligente. De tal manera que varias empresas eléctricas han admitido a la tecnología AMI como primer paso, siendo esta tecnología una de las muchas ahora existentes en el mercado que son capaces de automatizar de manera segura funciones como: (almacenamiento, superconductividad y diagnóstico. (Rodríguez, 2009).

### **1.3.13. Redes inteligentes**

Llamadas redes inteligentes por contar con procedimientos integrados de información con la finalidad de lograr intercambios de procesos con diferentes técnicas avanzadas de generación eléctrica, de transmisión y distribución (Rodríguez, 2009).

Según (Fossati, 2011) se diferencian de las redes tradicionales porque tienen una manera inteligente de comprender todo el sistema, como es generación,

transmisión, distribución y usuarios. La tecnología digital que utiliza garantiza un flujo bidireccional de información entre generadores y consumidores.

- **Micro redes inteligentes**

Se denomina micro red por ser un componente de una red inteligente, una micro red puede autoabastecerse además funcionar de una forma independiente, lo componen una agrupación de cargas y generadores maniobrando como un sistema único apto de proporcionar potencia (Fossati, 2011.p.13).

- **Ventajas de las redes inteligentes**

Según (Fossati, 2011) presenta disminución de picos de consumo, gracias a que cuenta con una doble información en relacionado al consumo y generación esto hace que solo estén operando los entes generadores no renovables requeridas en tiempo real.

Las redes inteligentes inyectan la energía sobrante a la red, transformando al usuario en un productor descentralizado. De esta manera se está poniendo la energía generada en los generadores centralizados donde no se ha realizado ninguna inversión (p.14).

También nos permite reconocer donde y cuando se producen los cortes de servicio, el estado de la red en tiempo real, reconocer las pérdidas y hurtos de energía y estar al tanto del consumo de los clientes (IDAE, 2011).

- **Futuro de las redes inteligentes**

El uso de las redes inteligentes a nivel mundial está teniendo un importante impulso, actualmente se están realizando numerosos estudios, países como Japón Estados Unidos y Canadá ya cuentan con instalaciones piloto (Fossati, 2011).

#### **1.3.14. Certificación de los equipos fotovoltaicos**

La certificación de los equipos es de mucha importancia las consecuencias de no tener una certificación confiable pueden ser las siguientes:

Según (Marsh, 2011) los inversores controladores sin certificación pueden provocar anomalías perjudiciales en contra de la calidad de los servicios como el

parpadeo de la tensión, sobre y/o subtensión, incremento de la distorsión armónica, inestabilidad de tensión de la red.

### 1.3.15. Potencial energético renovable del Perú

En el siguiente cuadro se muestra el enorme potencial de energías renovables con el que cuenta el Perú.

Tabla 1:

Fuente: Osinergmin

Recurso Energético Renovable	Potencial Total (MW)	Capacidad Utilizada en el SEIN (MW)
Hidráulico	70 000	3 118
Eólico	22 000	142
Solar	Indefinido	80
Biomasa	450	27,4
Geotérmica	3 000	0

*Potencial energético renovable del Perú*

### 1.3.16. Atlas de niveles de radiación en el Perú

“Atlas definido y desarrollado por SENAMHI. Desarrollado en junio del 2003. En el siguiente Atlas se indica la irradiancia solar anual, siendo en la Costa de 5.0 a 6.0 kW/m<sup>2</sup>, en la Selva 4.5 a 5.0 kWh/m<sup>2</sup> y en la Sierra aproximadamente de 5.5 a 6.5 kW/m<sup>2</sup> (MEN, SENAMHI, 2003).

- Energía solar incidente diaria promedio anual en todo el país

Figura 3:

Fuente: SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)



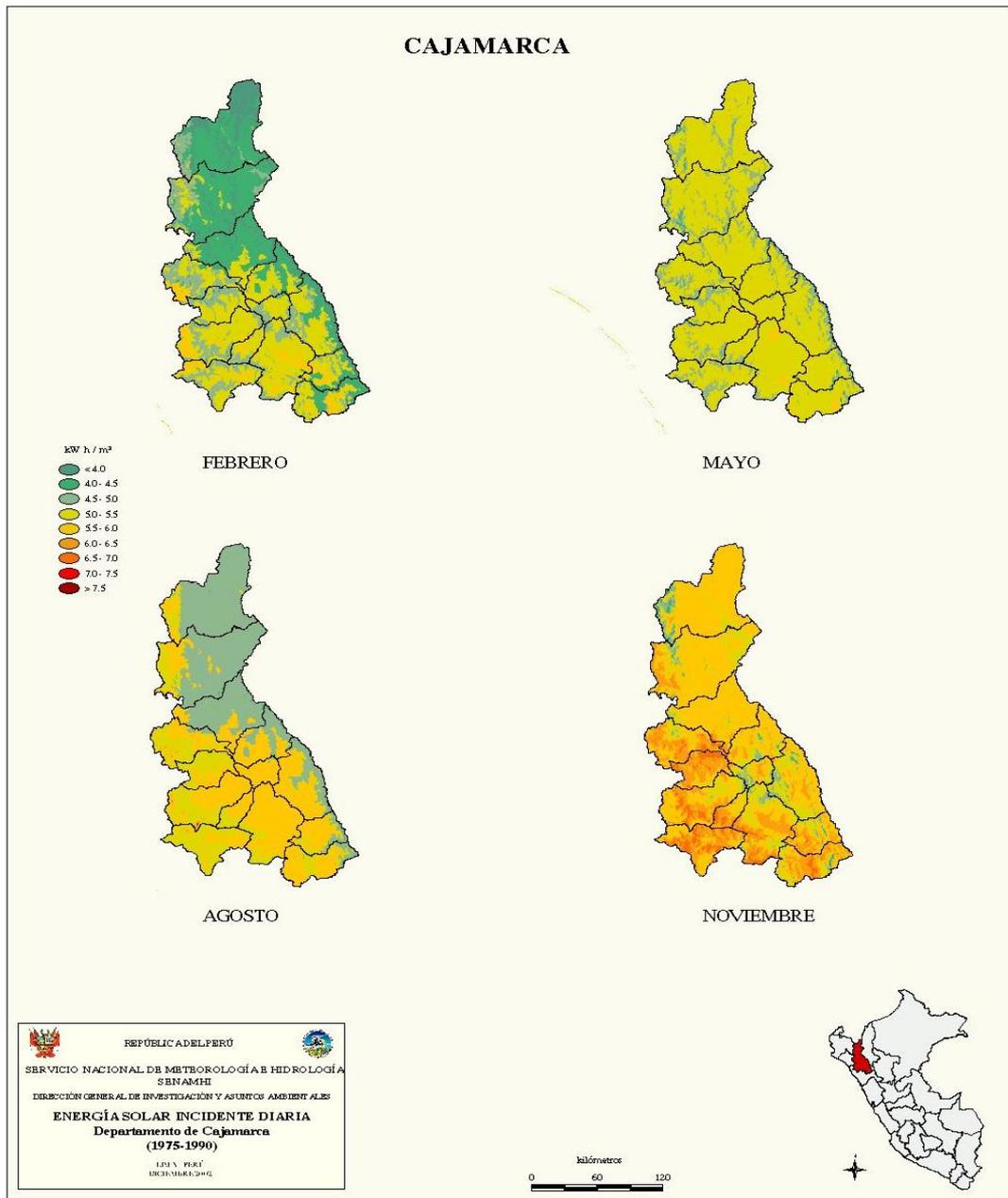
*Energía solar incidente diario promedio anual (1975-1990)*

- **Radiación solar en el departamento de Cajamarca**

En este mapa se representa la energía incidente diario del departamento de Cajamarca (1975-1990)

Figura 4:

Fuente: SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)



**Energía incidente diaria en el departamento de Cajamarca**

### **1.3.17. Centrales de generación eléctrica que utilizan fuentes convencionales para producir energía en Perú**

En el Perú para el año 2013 se contaba con 292 centrales térmicas de generación eléctrica, la mayoría pertenecientes al “SEIN” como también a sistemas aislados (Osinergming, 2018).

### **1.3.18. Cuanto contamina generar energía eléctrica con fuentes convencionales**

La contaminación ambiental producida por centrales de generación eléctrica depende del tipo de combustible que se utilice, (petróleo, gas natural, diésel, carbón u otros.)

1 kWh generado por gas natural arroja 0.18 Kg de CO<sub>2</sub>

1 kW/h generado por Carbón arroja 0.33 Kg de CO<sub>2</sub>

1 kW/h generado por Gasoil arroja 0.29 Kg de CO<sub>2</sub>

1 kW/h generado por la mezcla de combustibles convencionales emite un aproximado de 0.40 Kg de CO<sub>2</sub> (Energías Renovables , 2008).

### **1.3.19. Normas nacionales y estándares internacionales de calidad de energía eléctrica.**

Para sentar las condiciones de funcionamiento de una interconexión segura, es de valiosa importancia el acogimiento de las normativas y regulaciones para determinar los requisitos mínimos y adecuados entre los microgeneradores, los equipamientos y la utilización.

- **Normativa nacional de un sistema interconectado a la red**

En el Perú empresas generadoras de electricidad que pretendan afiliarse como proveedores eléctricos deben estar sujetas por la ley de concesiones eléctricas N° 25844. Se detallan a continuación algunas modificaciones de los artículos del decreto legislativo N° 1002 de la ley de concesiones eléctricas.

En el artículo 1° impulsa la utilización de las riquezas energéticas con las que cuenta el país promocionando la inversión en la producción, trasmisión y distribución de electricidad donde da a conocer que estas actividades lo podrán realizar personas jurídicas, naturales, nacionales o extranjeras (DECRETO LEY N° 25844, 1992).

En el artículo 3° indica que de acuerdo a la ley de la materia se necesita de concesión definitiva para generar energía eléctrica desde fuentes energéticas no convencionales, con una potencia montada mayor a 500 kW (DECRETO LEY N° 25844, 1992).

En el artículo 9° en este artículo da a conocer que el estado exhorta usar de una manera consiente los recursos naturales teniendo como finalidad generar, transmitir y distribuir energía eléctrica, promoviendo así la conservación del patrimonio nacional y el medio ambiente (DECRETO LEY N° 25844, 1992).

(Serván, 2014) en su investigación, tomando el artículo 10, dedicado a investigar las energías renovables, nos da a conocer que el (CONCYTEC) Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica; en mutuo acuerdo con el MEM y Gobernantes Regionales, realizará las acciones necesarias para ejecutar proyectos y investigar todo lo referente a producir energía con fuentes renovables, dando impulso la participación de entidades educativas, instituciones y organizaciones con conocimiento en este tema.

(Serván, 2014) en su tesis “Análisis técnico-económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red” hace referencia que los Decretos Ley N° 1002 y el Decreto Supremo N°009-93-EM (Reglamento de la LCE) como también la Ley N°28832, no menciona a sistemas de microgeneración con producción menor a los 500 kW, apreciándose la poca importancia que se le da al uso de recursos energéticos renovables.

En la Sección 430 del (CNE) donde se hace una mejora a las secciones generales del (CNE) haciendo referencia a la “Interconexión de fuentes de producción de electricidad a partir de fuentes no convencionales de usuarios particulares o empresas facultadas para la generación, estando facultado y trabajando paralelamente con el sistema eléctrico nacional. (Ministerio de Energía y Minas, 2006).

Según la sección 430 del CNE (Utilización) da a conocer que los requisitos generales para el montaje de un sistema interconectado se deben efectuar

de acuerdo con las imposiciones de los concesionarios del servicio eléctrico o suministrador de energía eléctrica. Se tiene los siguientes requerimientos (Ministerio de Energía y Minas, 2006)

Hacer la consulta a la empresa distribuidora de electricidad antes de planificar un sistema interconectado (Ministerio de Energía y Minas, 2006).

Cuando se interconecte el generador autoproducido al sistema en paralelo con la empresa proveedora, no debe de afectarse la frecuencia, tensión o cualquier efecto adverso en sistema al que se está conectando (Ministerio de Energía y Minas, 2006 secc, 430-006).

La importancia del primer requerimiento señalado es esencial ya que define la aprobación o no de si se puede llevar a cabo una interconexión y hacer los estudios previos.

Según (Serván, 2014, párr. 7). El factor económico es el de mayor influencia a la hora de elegir una interconexión con energías renovables, el tiempo en que se va a recuperar la inversión, el tipo de energía que se va a utilizar y la dimensión del trabajo que se quiere desarrollar.

- **Decreto Legislativo 2008 de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (Perú)**

“En el (Decreto Legislativo, 2008) Artículo 5, hace mención a la potencia generada con recursos renovables y su comercialización, dando a conocer que las energías producidas con recursos renovables tienen la preferencia para despachar la carga diaria efectuada por el (COES) la que es considerada con un coste variable de productividad igual a cero.

Para efectuar la venta de energía producida por titulares de instalaciones regidos por decreto legislativo 2008 deberán instalar la energía a vender en el comercio de plazo corto y al precio regido por el mercado y además esta prima debe de estar establecida por el organismo supervisor (OSINERGMIN) (Decreto Legislativo, 2008, párr,2).

Antes de fijar la tarifa para la comercialización el OSINERGMIN realizara los cálculos necesarios teniendo en cuenta el tipo de instalaciones productoras, separando por categorías según las características RER que estas tengan, además la tarifa será establecida de tal manera que la rentabilidad no sea menor a la determinada en el artículo 79 del Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Legislativo, 2008, párr.3).

**Decreto Legislativo No. 1221.**-Teniendo como objetivo el mejoramiento, repartición y regulación del sistema eléctrico para impulsar el ingreso a la energía eléctrica se publicó el Decreto Legislativo No. 1221 en el Diario “El Peruano”. La siguiente norma introduce bastantes modificaciones en la LCE. Siendo una de estas modificaciones más importantes en el sector de generación distribuida, dándose a conocer que los beneficiarios del servicio público que cuentan con fuentes de generación de electricidad a partir de recursos no convencionales podrán introducir sus sobrantes al sistema siempre y cuando no se perturbe la seguridad operativa del sistema al que se conecta. La presente norma entro en vigencia el 25 de setiembre de 2015, con excepción a las modificaciones realizadas sobre la regulación de la generación distribuida, lo que a la fecha no se tiene aún resultados sobre el reglamento (Tanca, Alecastre y Morales, 2017).

#### ▪ **Subasta para Generación con Recursos Energéticos Renovables**

Artículo 4.-La Energía Pretendida en la Subasta se fija teniendo en cuenta la aportación generada por “RER” referente en el numerario 2.2 del artículo 2 de la Ley, utilizando las previas pautas:

a) Primero se calculará anualmente el consumo eléctrico en toda la nación para el año propuesto a la máxima fecha predicha en las bases, cogiendo a modo referencial, el control de incremento estimado en la fijación de precios en barra actual (Decreto Supremo, 2012).

b) Para calcular el índice de generación RER se multiplica el gasto nacional de electricidad evaluado en a), y el porcentaje actual al que hace relación el numerario 2.2 del artículo 2 de la Ley (Decreto Supremo, 2012).

c) Entonces la energía demandada pertenecerá a la contribución de la generación RER deducida en b), sustrayendo el conjunto de la Energía concedida de los Contratos actuales respectivos a técnica RER distinta a la energía hidroeléctrica (Decreto Supremo, 2012).

“El Ministerio de energía precisará el porcentaje de aportación de cada tecnología RER en la Energía Pretendida, tomando en cuenta el Plan Nacional de Energías Renovables y/o alguno o la combinación de los siguientes aspectos:” (Decreto Supremo, 2012)

“d) Proporción opuesta al precio monómico (US\$/MW/h) de cada tecnología. b) Proporción directa a la garantía de Potencia Firme por tecnología. c) Promoción de la competencia “(Decreto Supremo, 2012).

Subasta por cada tecnología

1° Se hace un cálculo de la energía requerida a subastar.

2° Asignación de las cuotas para la Energía Pretendida y para las pequeñas hidroeléctricas.

3° La subasta es efectuada por cada tipo de tecnología (Leon, 2013).

Pasos para el proceso de adjudicación

Según (León, 2013) Especialista de la División de Generación, de OSINERGMIN nos da a conocer las gestiones que se deben realizar para tal proceso, mostrando los siguientes:

1. La junta debe tomar noción de los precios límites a subastar.

2. Se inicia el proceso de ofertas y ofrecimientos económicas.

3. El orden de los proyectos se toma de acuerdo a los precios.

4. Los proyectos con ofertas que superen los precios máximos se irán descartando.

5. Los megavatios ofertados no deben sobrepasar la potencia requerida.

6. Se hace una verificación que los MW/h ofertados sea menor a energía solicitada.

7. Se adjudican precios a los proyectos.

### **1.3.20. Barreras y limitaciones de un sistema fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico presenta bastantes limitaciones entre las más importantes tenemos.

- **\_De índole Tecnológico**

La acumulación de energía es difícil de sacarlo provecho al cien por ciento.

Los sistemas electrónicos de fuerza muestran una carencia los cuales deben ser mejorados para optimizar y hacer confiable el sistema reduciendo costos en la energía producida. (Serván, 2014).

En las zonas con alto potencial de recursos renovables existe una Insuficiencia de estudios técnicos especiales en la recaudación de información meteorológica (Serván, 2014).

- **Barreras de mercado:**

Existe una escasez de mano de obra capacitada y una carencia de personal técnico que haya sido instruido para tal fin, como el diseño e implementación de proyectos dedicados a producir energía a partir de fuentes no convencionales (Serván, 2014).

Se tiene escasas de instituciones o personas dedicadas a la producción de energía renovable como también un número muy limitado de proveedores dedicados al negocio de dispositivos y equipos estandarizados y factibles para una interconexión exitosa (Serván, 2014).

- **Barreras políticas:**

Carencia de normativas y reglamentos bien definidos para la ejecución de proyectos utilizando fuentes renovables para la generación de energía (Serván, 2014.p.10).

No se ofrece incentivos a productores que desean dedicarse a producir energía limpia a una escala menor (Serván, 2014, párr. 2).

Demasiados requisitos y trámites administrativos, como también una ausencia de ejemplos dedicados a la interconexión de productores a pequeña escala de energía limpia dentro del sistema eléctrico interconectado nacional (Serván, 2014, párr. 3).

EL estado no promociona el uso y los beneficios de la generación solar a pequeña y mediana escala (Serván, 2014, párr. 4).

En las instituciones de formación a nivel nacional no se está incentivando ni promocionando el uso y generación de energías a partir de recursos renovables (Serván, 2014, párr. 5).

### 1.3.21. Plan de acción

Se debe tomar una serie de medidas para lograr romper las barreras que obstaculizan las limitaciones mencionadas con anterioridad planteadas para lograrlas reducir a un corto y largo plazo.

- **Medidas a tomar en el marco tecnológico.**

Implementación de métodos automáticos de fabricación y una mejor tecnología que faculte disminuir los precios de elaboración de módulos solares mediana potencia (Serván, 2014, p.11).

Se debe dar más énfasis al ensayo con materiales y a la investigación que nos permita la fabricación de equipos fotovoltaicos con mayor rendimiento y con mejoras en los procesos de producción para reducir los costos de (Serván, 2014, párr.2).

Aumentar la inversión en los procesos de investigación de reformas y mejoras de los mecanismos y equipos electrónicos que admitan mitigar las pérdidas de energía y ampliar los ingresos produciendo una mayor cantidad de energía (Serván, 2014, párr.3).

Invertir en estaciones meteorológicas en sitios claves que cuenten con buen un potencial energético en base a recursos renovables (Serván, 2014, párr.4).

Implementación de técnicas de prueba en situaciones exageradas para cada tipo de equipos que generan energía limpia, esta manera nos permitirá realizar mejoras constantes en el diseño, extender su tiempo de vida y aumentar la confiabilidad de los sistemas (Serván, 2014, párr.5).

- **\_Plan de acción dentro del mercado**

El estado tiene que fomentar e incentivar a las empresas que están dispuestas a la producción de dispositivos y equipos dirigidos a la generación de energía utilizando fuentes renovables (Serván, 2014, p.10).

El estado debe invertir en capacitaciones especializadas, instruyendo en temas relacionado con el diseño, estudio, gestión y construcción de

proyectos donde se utilice una energía limpia y renovable (Serván, 2014, párr.2).

Con lo anterior mencionado se estará logrando tener personal bien capacitado en esta área, también empresas proveedores nacionales e internacionales dispuestas a invertir en el ámbito de generación de energía a base de fuentes no convencionales ya que estarán avaladas y garantizadas por el ente máximo que es el estado (Serván, 2014, párr.3).

- **\_Medidas de acción políticas**

Es necesaria la creación de normas y reglamentos específicos que beneficien e impulsen proyectos de generación utilizando fuentes renovables para generar energía limpia ya sea en baja o mediana potencia como también desplegar estrategias para trabajar con políticas de estado (Serván, 2014, p.12).

Promocionar incentivos desde el gobierno que faculten una reducción de los impuestos de los costos que inicialmente se hace en el proyecto, además aumentar la oferta de créditos con intereses bajos, por otro lado, la comercialización de la energía al sistema debe de tener acuerdos que favorezcan la compra venta y así poder garantizar el retorno de la inversión en un corto y mediano plazo (Serván, 2014, párr.2).

Se debe elaborar leyes especificando y exigiendo a las empresas distribuidoras que deben de contar con un porcentaje determinado de productores de energía limpia conectados a su red. (Serván, 2014, párr.3).

Los medios de comunicación cumplen un rol importantísimo al difundir la información sobre las características y beneficios de las energías renovables y la factibilidad para interconectarse a la red, por eso el estado debe invertir en la difusión de la información como también en los centros de educación tanto privado como estatal (Serván, 2014, párr.4).

Un sistema sencillo, sin trabas y barreras burocráticas promoverá que cada día aumente el número de productores para la interconexión de energía proveniente de fuentes renovables

### 1.3.22. Normatividad eléctrica internacional

- **Ecuador**

#### **Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica**

Art. 1 [...] esta ley regula la intervención del sector estatal y particular, en acciones vinculadas al servicio estatal de electricidad, haciendo también referencia el desarrollo, promoción y realización de proyectos para la producción de energía desde fuentes no convencionales (renovables) (Ley, 2015).

- **Chile**

#### **Ley N° 20.2571**

Teniendo como fin diversificar la matriz energética y disminuir la producción de energía provenientes del extranjero, Chile aprobó la ley 20.257, llamada ley ERNC, [...] donde busca promover el esparcimiento de la matriz energética empleando medios de generación de ERNC, esta ley obliga a las empresas eléctricas que deben demostrar que un porcentaje de sus ventas de energía son provenientes de fuentes renovables ERNC. Están obligadas a introducir al sistema un 5% entre el 2010 y el 2014, con un aumento de un 0,5% al año y así alcanzar un 10% el año 2024. En esta ley da a conocer la multa por el incumplimiento que es equivalente a 0,4 UTM por cada MW/h de ERNC que no hayan inyectado, asintiendo que si hacen caso omiso dentro de tres años la multa se incrementara en 0,6 UTM (Bustos y Varas, 2012).

- **Venezuela**

“Las leyes que en la actualidad tienen incidencia en el desarrollo del sector son:

a) la ley para promover y proteger la libre competencia) la ley de concesiones de obras públicas y servicios públicos nacionales: Y c) la ley del medio ambiente, también inciden d) la ley de municipalidades, e) la ley de protección al consumidor y al usuario y f) la ley de privatización.”

“Las únicas regulaciones directas del sector eléctrico corresponden a los decretos tarifarios y de creación del Decreto 2383 de 1992) de creación de FUNDELEC (Decreto 2384 de 1992) y el decreto de dictación de normas para la regulación del sector eléctrico (decreto 1558 de 1996)” (Hugh, 1997, p. 42).

### **1.3. Formulación del problema**

¿Es factible interconectar energía fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional en las líneas de baja tensión de la empresa Electro Oriente S.A. en Jaén?

### **1.4. Justificación del estudio.**

Este proyecto tiene la finalidad de investigar la factibilidad de la interconexión fotovoltaica al sistema eléctrico interconectado nacional, sobre todo de pequeños productores con potencias menores a los 500 kW, tomando como referencia el estudio de una planta de generación de 10 kW, teniendo en cuenta que la energía solar es inagotable y no contamina ya que se cuenta con un gran potencial solar en diferentes zonas del territorio nacional que debemos explotarlo de la mejor manera, como ya se viene haciendo en varios países del mundo.

- **Justificación Social.**

Aumentará la oferta en la producción de las energías renovables aprovechando los beneficios que esta supone, además de mejorar la calidad de vida de la población.

- **Justificación técnico Tecnológico**

Fomenta la investigación y además nos incentiva a estar en vanguardia con la tecnología para innovar nuevos métodos en la generación de energía y en la manera de interconectarse.

- **Justificación Económica**

Al utilizar una fuente solar para generar energía y interconectarla a la red vamos recibir un ingreso de dinero por cada kw/h vendido.

## ▪ **Justificación Ambiental**

Se estará contribuyendo con la disminución de la contaminación ambiental por ser energía limpia ya que para su generación no se produce contaminación.

## **1.5. Hipótesis**

Sí es factible interconectar energía fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional en las líneas de baja tensión de la empresa Electro Oriente para mejorar la confiabilidad en la energía.

## **1.6. Objetivos de la investigación**

### **1.7.1. Objetivo General**

Determinar la factibilidad de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para mejorar la confiabilidad de la energía Jaén-2018.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Determinar los niveles de radiación solar en el área de investigación.
- Determinar la factibilidad legal de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al sistema eléctrico interconectado nacional Jaén-2018.
- Seleccionar los elementos de una planta fotovoltaica interconectada a la red aplicando la normativa para la interconexión de las centrales fotovoltaicas a redes conectadas al SEIN.
- Determinar la factibilidad técnica de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Jaén-2018.
- Determinar la factibilidad económica de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Jaén-2018.

## **II. METODOLOGÍA**

### **1.1. Diseño de la investigación**

La realización de este proyecto de investigación es de tipo descriptivo, de tal manera que se puntualizan las características de las variables planteadas, transversal debido a la que las tomas de medida se realizaran en un solo corte sin seguimiento en el tiempo y aplicativo

## 1.2. Variables, Operacionalización

Tabla 2: Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
<b>Independiente:</b> Energía	Capacidad para producir trabajo	Energía solar	Radiación solar	kW/hm2	Información de SENAMI-NASA	razón
		Energía eléctrica producida	voltaje Intensidad de corriente eléctrica	voltios amperios		razón
<b>Independiente:</b> Normatividad eléctrica para la interconexión	conjunto de reglas o leyes que se encargan de dirigir las acciones legales referentes a la producción, abastecimiento y aspectos relacionados a la energía eléctrica	Existencia de sustento legal que permita la interconexión del sistema eléctrico con la central de generación fotovoltaica	Ausencia o existencia	Si No	Análisis de publicaciones, tesis, revistas informes.	nominal

<b>Independiente:</b> Factor económico	Corresponden a los gastos producidos para la realización de la interconexión y gastos de mantenimiento. Además también corresponde al dinero que se obtendrá por la producción de electricidad	Gastos operacionales	cantidad	Numero de soles	Hoja de presupuesto	razón
		Gastos de mantenimiento	cantidad	Numero de soles		
		Ingresos por energía producida	cantidad	Numero de soles	Hoja de cálculo de Excel para VAN y TIR	
<b>Dependiente:</b> Factibilidad de interconexión	Posibilidad de vincular la central de generación fotovoltaica y el sistema eléctrico nacional	Cumplir con todos los requisitos determinados por las variables independientes	Cumplir criterios	Si no	Análisis de publicaciones, tesis, revistas informes.	nominal

Fuente: elaboración propia

### 1.3. Población y muestra

#### 2.3.1. Población

Sistema fotovoltaico conformado por 40 módulos solares de 275 w con una potencia nominal de salida de 11 kw, y una potencia firme de 10 kw, esta última obtenida después de calcular las pérdidas de potencia por factores de sombra.

#### 2.3.2. Muestra

Sistema de generación fotovoltaica de 10 kW conectados al SEIN aplicados en la ciudad de Jaén.

El muestreo utilizado en esta investigación es de tipo no probabilístico, porque las unidades de análisis serán adquiridas por el investigador de acuerdo a la realidad problemática, osea no participa lo aleatorio ni el azar (Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez)

### 1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

<b>TECNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>OBJETIVO</b>
Observación directa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Consulta a ingenieros especialistas, instituciones.</li></ul>	Determinar la factibilidad de la interconexión de la central de generación fotovoltaica de 10 KW al SEIN.

Análisis de documentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de publicaciones, tesis, revistas, informes, normas, leyes.</li> </ul>	Establecer los parámetros de operación y el sustento legal.
Estudio de rentabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoja de presupuesto</li> <li>Hoja de cálculo de Excel para VAN y TIR</li> </ul>	Determinar la factibilidad económica
Encuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuestionario</li> </ul>	Evaluar el posible incremento de la confiabilidad en la energía generada en sistemas fotovoltaicos

Fuente: elaboración propia

#### 2.4.1. Validez y confiabilidad

- **Validez:**

Los instrumentos serán validados por un Ingeniero versado en el ámbito de generación y distribución de energía eléctrica.

- **Confiabilidad:**

La confiabilidad de los instrumentos estará basada de acuerdo a la autenticidad de la información obtenida en la investigación.

#### 2.4.2. Observación Directa

La realización de esta investigación utilizará la técnica observacional porque el investigador pretenderá juntar lo estipulado de una cualidad, eludiendo su manipuleo, se utilizará el método de observancia más adecuado. Cabe decir que no se hace manipulación de la conducta, pero sí puede hacerse el registro de

probables variables dudosas que deformarían los fundamentos. De esta manera se intenta lograr que las variables independientes sean responsables de los valores de las variables dependientes.

### **2.4.3. Análisis documental y bibliográfico**

La recopilación de la información oportuna para el trabajo de investigación se coleccionará de Internet, bibliotecas especializadas, consulta a ingenieros especialistas, instituciones, personas naturales, (fuentes Electrónicos, Mecánicos Electricistas, Universidades y centros de investigación tanto nacionales y extranjeras puedan contribuir con el desarrollo de este proyecto de Tesis.

### **1.5. Métodos de análisis de datos**

Se utilizará métodos de análisis de patentes y literatura científica para obtener información relacionada entre diferentes estudios que se han hecho con anterioridad.

### **1.6. Aspectos éticos**

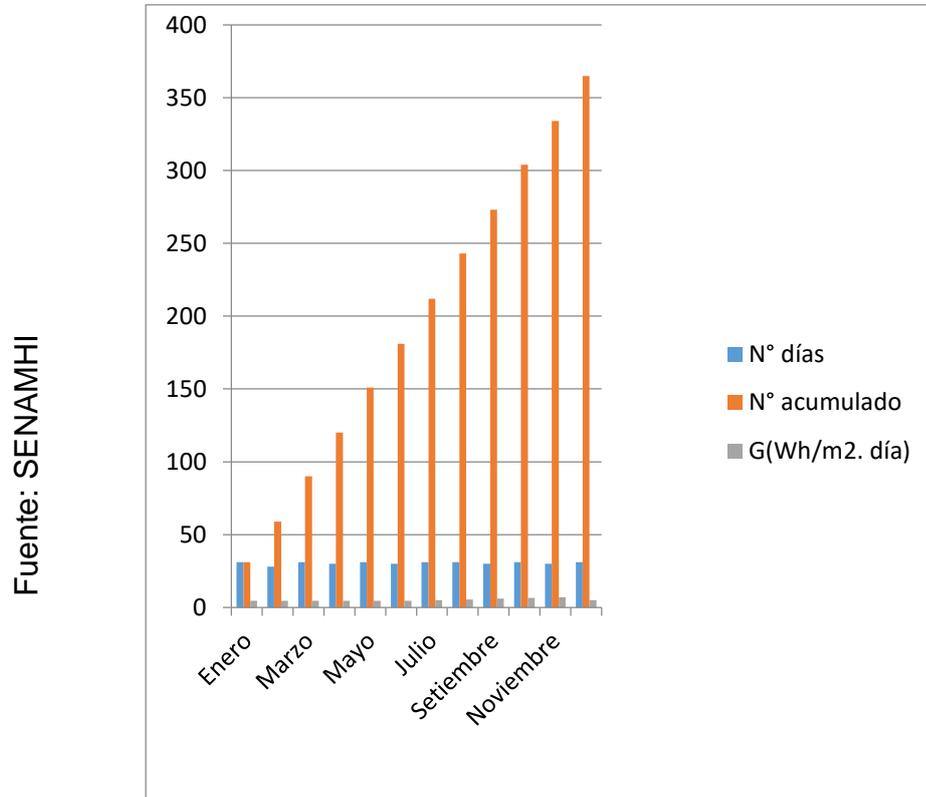
Toda la recopilación de la información se hará de manera juiciosa y será tomada de fuentes confiables utilizando todos los métodos científicos que se requieran.

## **III. RESULTADOS**

### **3.1. Determinar los niveles de radiación solar en el área de investigación.**

La energía solar incidente diaria en la provincia de Jaén muestra índices solares que varían entre 3.46 kWh/m<sup>2</sup> y 5.68 kWh/m<sup>2</sup>, Siendo el mes de febrero el de menor incidencia de energía solar llegando alcanzar el valor mínimo de 3.46 kWh/m<sup>2</sup>. En tal sentido para determinar la heliofanía se tomó como referencia los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas del departamento de Cajamarca, se procedió a consultar y consolidar datos del SENAMHI.

Figura 5:



*Heliofanía promedio anual en el área de estudio*

De acuerdo a las estaciones meteorológicas más próximas a la provincia de Jaén (latitud y longitud), se tomaron los datos reportados por la estación A. Weber Bauer (Cajamarca) con un promedio de 6.0 h y una desviación estándar de 2.9 h y la estación de Bambamarca con un promedio de 5.3 h y una desviación estándar de 3 h.

Figura 6:

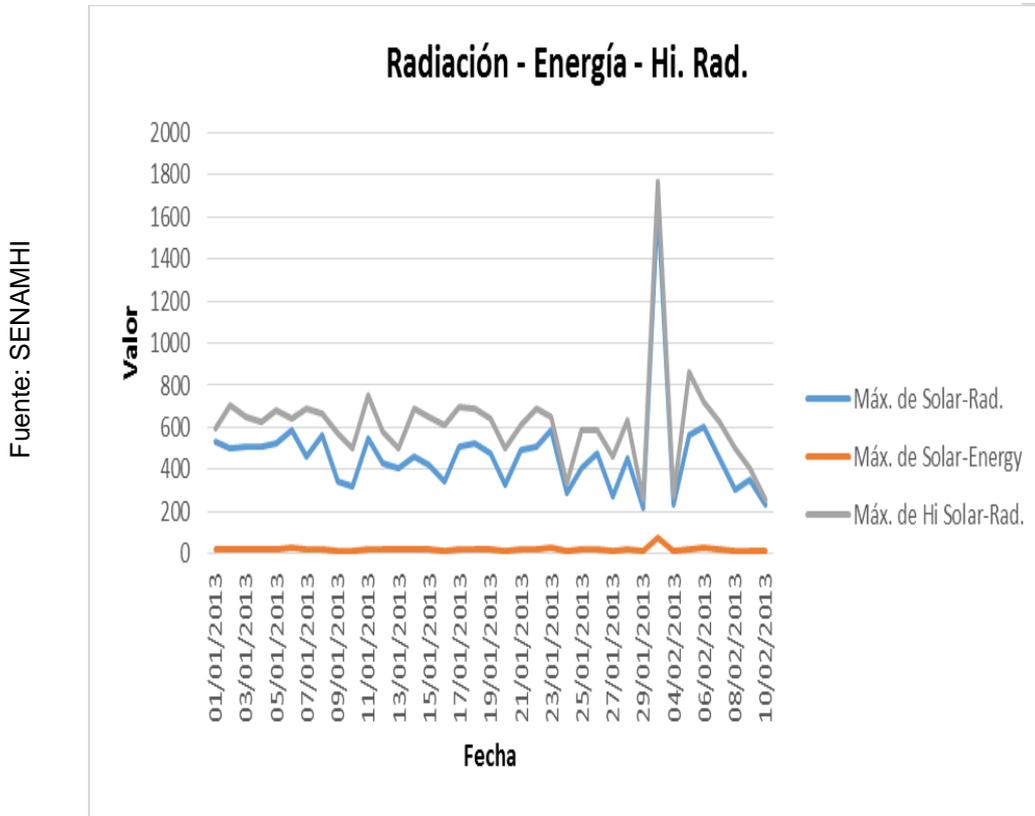
Fuente: ATLAS DE ENERGIA SOLAR DEL PERU

N°	CODIGO	ESTACION	HELIOFANIA	
			Promedio	Desv.Estánd.
1	110133	Zarumilla	4,6	3,0
2	110136	Cañaverl	6,2	2,7
3	110176	San Roque	4,4	2,9
4	110228	Arenales	5,9	3,6
5	110230	La Esperanza	7,4	2,5
6	110232	Chilaco	6,8	2,5
7	110235	Morropón	5,5	3,0
8	110236	Olmos	5,8	3,2
9	110247	San Miquel	6,8	2,7
10	110253	Bagua Chica	5,5	3,0
11	110255	Chulucanas	5,5	2,8
12	110299	Pucalá	6,1	2,9
13	110303	Chota	4,9	3,0
14	110320	Cayalti	6,6	2,8
15	110331	Ferreñafe	5,4	2,7
16	110333	Jayanca (La Viña)	6,1	3,0
17	110334	Motupe	5,4	3,0
18	110335	Tinajones	6,7	3,1
19	110371	Celendín	5,2	3,1
20	110373	Cajabamba	6,7	2,9
21	110382	Bellavista	5,0	2,8
22	110384	La Unión	5,1	2,8
23	110387	Contamana	5,5	3,2
24	110441	Recuay	6,6	2,8
25	110463	Tocache	4,6	2,8
26	110531	Isla Don Martín	4,2	2,9
27	110532	Camay	4,6	3,3
28	110534	Lomas de Lachay	4,3	2,9
29	110542	Picoy	5,0	2,1
30	110548	Matucana	4,3	3,0
31	110561	San Ramón	5,3	2,8
32	110601	La Punta	4,0	3,3
33	110650	Hacienda Bemales	6,8	3,2
34	110703	Pangaravi	7,1	2,4
35	110829	Santa Rita	9,5	2,1
36	110880	Juli	7,5	3,2
37	110883	Desaguadero	5,9	1,3
38	120101	Los Cedros	5,6	3,1
39	120208	Mallares	6,8	2,7
40	120237	Ayabaca	5,8	3,4
41	120239	Huancabamba	3,7	2,8
42	120278	San Ramón	5,2	3,3
43	120281	Genaro Herrera	4,9	2,9
44	120301	Lambayeque	6,9	2,9
45	120325	Talla	6,1	3,0
46	120343	Huambos	6,1	2,9
47	120362	Bambamarca	5,3	3,0
48	120404	Huánuco	5,9	2,9
49	120407	San Jorge	4,5	3,3
50	120451	Palmawasi	4,9	2,8
51	120502	Surasaca	4,8	2,7
52	120535	Andahuasi	7,0	2,5
53	120536	Santa Rosa	6,4	2,8
54	120547	Canta	6,0	3,0
55	120606	Quillabamba	4,9	2,8
56	120607	Granja Kcayra	6,2	3,0
57	120615	Hipólito Unánue	4,1	3,5
58	120616	Cañete	4,2	3,4
59	120635	Huayao	6,5	2,9
60	120638	Pacarán	6,5	2,8
61	120708	Puno	8,3	2,8
62	120764	Chuquibambilla	7,3	2,9
63	120806	Moquegua	8,6	2,5
64	120837	Pampa Blanca	5,6	3,3
65	120839	La Pampilla	8,7	1,5
66	120899	La Yarada	6,0	3,3
67	130207	Miraflores	6,7	2,7
68	130304	A. Weberbauer	6,0	2,9
69	130310	El Porvenir	4,9	3,0
70	130501	Alcantarilla	5,2	3,1
71	130610	A. Von Humboldt	5,0	3,4
72	130617	Modelo	4,3	3,5
73	130637	Pampa de Villacurí	6,4	3,0
74	130700	San Camilo	7,4	2,3
75	130805	Pampa de Majes	9,3	2,3
76	140500	Aerop.Int. J. Chávez	5,6	2,6

*Promedio climático de heliofania en estaciones meteorológicas de SENAMHI*

## Distribución espectral de la radiación. Energía e índice solar máximo en la Zona de Estudio

Figura 7:



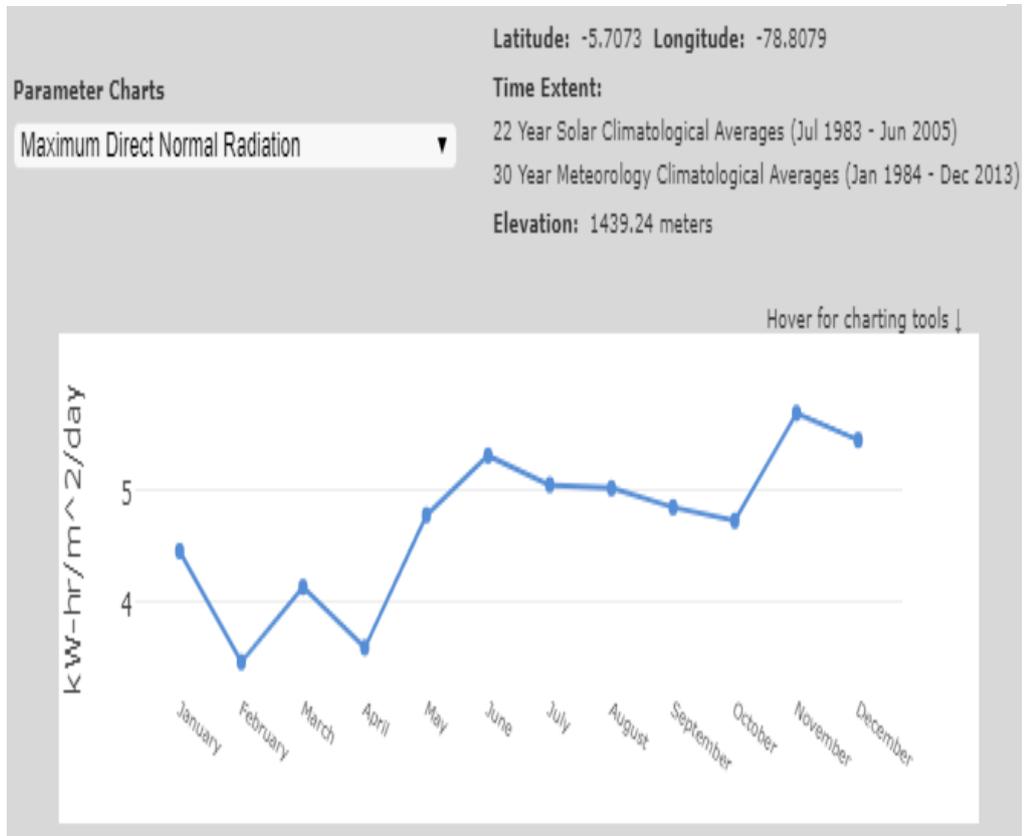
*Distribución espectral promedio en la zona de estudio*

- **Radiación promedio anual por kWh/m<sup>2</sup> al día en la provincia de Jaén**

El cálculo de radiación solar se realizó según el procesamiento de datos proporcionada por la NASA ya que es una institución muy confiable que monitorea los datos meteorológicos de toda la tierra. A continuación, se muestra la representación gráfica de la radiación solar, y del índice de radiación.

Figura 8:

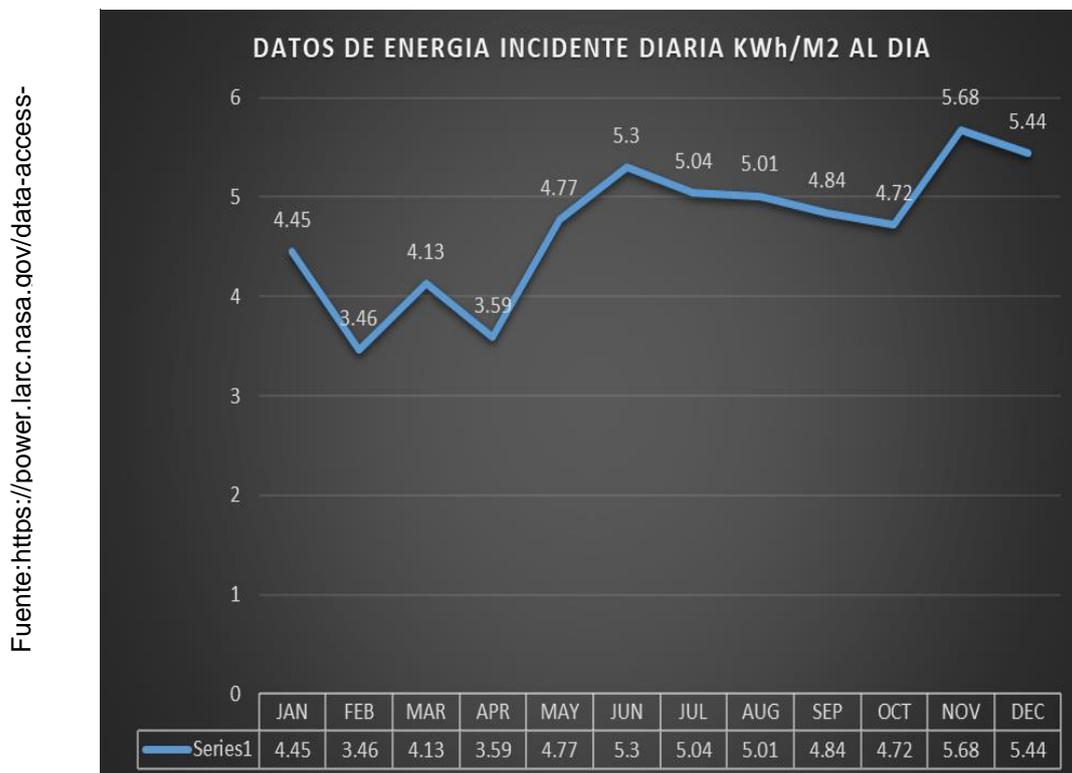
Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data->



*Radiación anual por kW/h m<sup>2</sup> /día*

## Datos de radiación promedio anual por kWh/m2 al día en la provincia de Jaén

Figura 9:



### *Meteorología de superficie y energía solar*

A efectos de asegurar el correcto funcionamiento de un sistema fotovoltaico incluso en situaciones desfavorables, se debe optar por el menor valor de irradiación solar.

### 3.2. Determinar la factibilidad legal de la interconexión

Para la realización de los proyectos no solo es necesaria la evaluación técnica o económica, sino que también requiere que la propuesta sea adecuada para la normativa existente en el país donde va a ser realizado.

En lo referente la normatividad sobre energía renovable y uso de paneles solares se expone lo siguiente:

Tabla 4: Normatividad

<b>NORMA</b>	<b>CONTENIDO</b>
(Decreto Legislativo, 2008) Artículo 5	Hace mención a la potencia generada con recursos renovables y su comercialización, dando a conocer que las energías producidas con recursos renovables tienen la primacía para ser despachadas diariamente por el (COES) la que es considerada con un costo variable de producción igual a cero.
Decreto Legislativo No. 1221(2015) Regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú (Modificaciones en la ley de concesiones eléctricas)	Una de las modificaciones importantes sobre la Generación Distribuida es que los usuarios del servicio público que cuentan con sistemas de generación de electricidad producida por fuentes renovables podrán introducir sus sobrantes al sistema eléctrico de distribución.
"Ley de Concesiones Eléctricas" N°25844.	En el artículo 1° impulsa el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables promocionando la inversión tanto en producción, transmisión y distribución de electricidad donde da a conocer que estas actividades lo podrán realizar personas jurídicas o naturales ya sea nacionales o extranjeras (DECRETO LEY N° 25844, 1992).

<b>Comparación</b> Ley para el Aprovechamiento de Energías renovables y el Financiamiento de la Transición energética (México)	Los productores de energía renovable pueden interconectarse con Comisión Federal de Energía y para ello uno de los requisitos es que la potencia generada sea menor de 10 kW si el uso es domiciliario.
---	---

Fuente: elaboración propia

En la tabla se muestra que existe base legal para el interconectado de energía renovable al sistema eléctrico nacional, teniendo como sustento el decreto legislativo 1221 se pueden pasar los excesos al sistema nacional.

Además, en la revisión también se encontró el procedimiento técnico dado por el COES SINAC en el que se detallan las características que debe tener una conexión al SEIN con un sistema que produce más de 500 kw.

Para realizar un paralelo se incluyó una ley mexicana sobre aprovechamiento de energías renovables en el que se sustenta la interconexión de la Comisión Federal de Energía con producciones de energía domestica menores de 10 kw.

### 3.3. Seleccionar y calcular los componentes de una planta fotovoltaica interconectada a la red.

- **Campo solar fotovoltaico**

Teniendo en cuenta la radiación solar de la zona se realizarán los cálculos

Tabla 5: Radiación en kW/m2/d

Mes	Radiación solar diaria
	KWh/m2/d
Enero	4.45
Febrero	3.46

Marzo	4.13
Abril	3.59
Mayo	4.77
Junio	5.3
Julio	5.04
Agosto	5.01
Septiembre	4.84
Octubre	4.72
Noviembre	5.68
Diciembre	5.44

Fuente: elaboración propia

Como podemos apreciar en la tabla anterior que el mes con menor radiación es en febrero con un promedio diario de 3.46 KW/m<sup>2</sup> al día. Considerando, el nivel de radiación más bajo del mes del año y los datos técnicos del panel seleccionado, podemos realizar los cálculos.

### **Cantidad de módulos solares a utilizarse en la instalación**

Para realizar el cálculo tomaremos en cuenta las siguientes consideraciones:

Máxima potencia pico del módulo =275 w

Potencia requerida de la instalación 10000 w

$$\text{Cantidad de paneles requeridos} = \frac{E}{P.P} + \frac{E}{P.P} \times f.P \text{ sombra}$$

Donde E = potencia energética requerida

PP. = potencia del panel

f.P sombra = factor de pérdidas por sombra (0.10)

$$\text{cantidad de módulos solares} = \frac{10000}{275} + \frac{10000}{275} \times 0.10 = 40 \text{ módulos}$$

Tabla 6: Potencia máxima en HSP

HSP	3.46	h
POT PANEL	275	W
POT PICO	11000	W
POT REAL DESCONTANDO EL FACTOR DE SOMBRAS	10000	W
POTENCIA GENERADA EN HSP	34600	W/h
CANTIDAD DE PANELES	40	Unid

Fuente: elaboración propia

### **Agrupación de los módulos fotovoltaicos**

Como necesitamos generar una potencia de 10 KW la agrupación de los módulos se realizará basada de acuerdo a la estructura de inversor central configuración en paralelo.

La agrupación de los 40 módulos multiplicados por su potencia pico nos da una potencia total de 11000 w siendo esta una forma común de calcular la potencia, pero en este caso se ha sobredimensionado la potencia debido a que por efecto de las pérdidas disminuye la potencia total.

De acuerdo al catálogo de módulos solares se seleccionará módulos policristalinos solar module 60 cell series de 275 W. (Especificaciones técnicas del módulo solar ver anexo N° 1)

Figura 10:

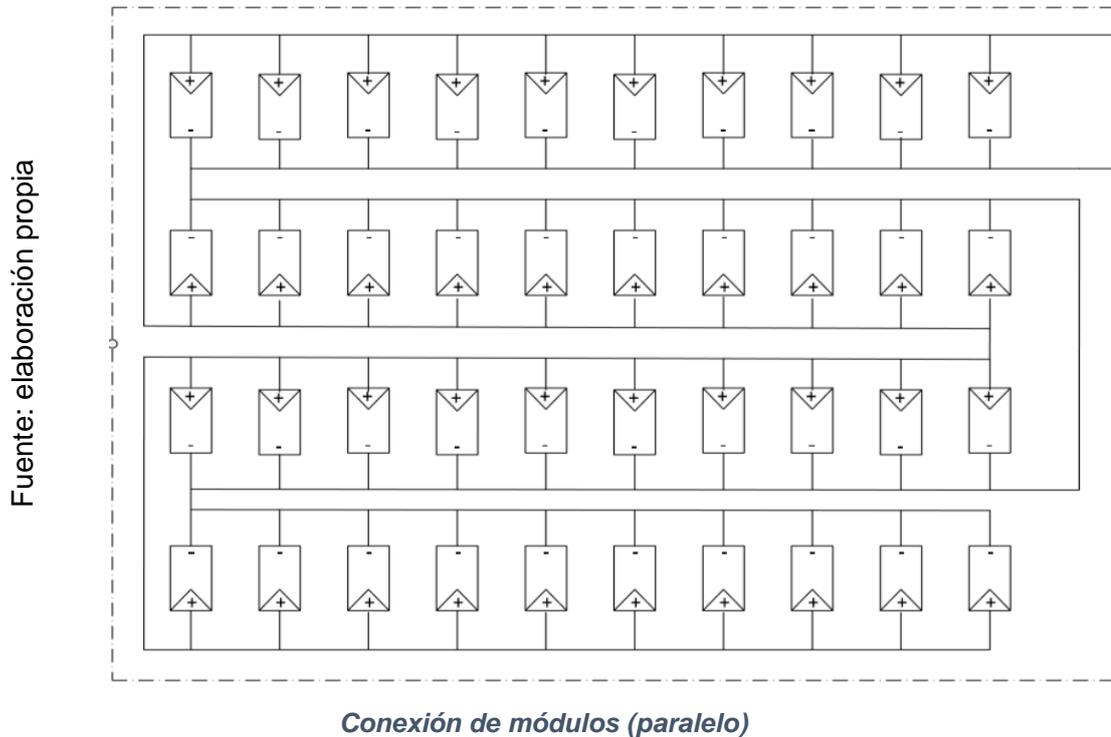


Tabla 7: Módulo TP660P

<b>Principales especificaciones técnicas del módulo solar TP660P</b>			
<b>Modulo</b>	<b>Potencia máxima (P Max/ W)</b>	<b>Voltaje máximo(V mpp/v)</b>	<b>Corriente máxima(I<sub>mpp</sub>/A)</b>
TP 660P-275-60 Cell Series	275	31.7	8.69

Fuente: elaboración propia

Los parámetros de salida de potencia, voltaje e intensidad de la configuración mencionada son los siguientes:

Tabla 8: Parámetros de salida del sistema solar según configuración anterior

<b>Parámetros de salida del arreglo solar fotovoltaico según configuración anterior</b>			
<b>Cantidad de módulos</b>	<b>Potencia máxima (P Max/ W)</b>	<b>Voltaje máximo(V)</b>	<b>Corriente máxima(A)</b>
40	11000	31.7	347

Fuente: elaboración propia

#### ▪ Selección del inversor

La selección del inversor es de mucha importancia para un apropiado funcionamiento de una instalación fotovoltaica. En este caso se determinará un inversor que se desempeñe en distintas formas, es el caso de los inversores dinámicos de conexión a red. Siendo este un inversor preparado para recibir cargas desequilibradas.

El inversor elegido es el Inversor Growatt 10000UE. Contando con una potencia nominal de hasta 11000 W disponiendo además de tecnología de cadena múltiple (multi-string).

Este inversor incluye las siguientes protecciones:

- Protección contra polarización inversa (CC) diodo de corto circuito.
- Relé de frecuencias ya sea máxima o mínima conectado entre fases y ajustado en 60 Hz con temporización máxima de 0.5 y 3 segundos.
- Relé de máxima y mínima tensión.
- Punto de desconexión
- Protección contra sobretensión de CC varistores con control térmico

-Resistencia al corto circuito de CA regulación de corriente.

-Monitorización de la red.

Tabla 9

<b>Principales parámetros a tener en cuenta en la selección del inversor</b>			
Inversor Growatt 10000 TL	Potencia máxima entrada (P Max/ W	Voltaje máximo entrada DC(V mpp/v)	Corriente máxima entrada(I <sub>mpp</sub> /A)
	11000	1000	20

Fuente: elaboración propia

Especificaciones técnicas del inversor (anexo N° 2)

### **Unidad modular de protección**

Se seleccionará una unidad modular de protección ya que esta unidad tiene un equipamiento que incluye protección a todo el circuito de corriente continua ante posibles sobrecargas de tensiones e intensidades se utilizara una unidad modular del modelo DLM PV 1000 V2(900 342) Descargador combinado de corriente de rayo y sobretensiones para sistemas de generación fotovoltaica hasta 1000 V DC (Especificaciones técnicas ver anexo N° 3.3).

#### **▪ Selección del contador**

Se seleccionará un medidor electrónico trifásico del modelo Alpha AS1440 del tipo (p=<15kw). siendo un medidor fabricado de acuerdo a los estándares IEC, además cumplen con los requisitos los cuales describen las características que debe cumplir un medidor electrónico de primer nivel. (Especificaciones técnicas del contador ver anexo N° 3)

## **Selección del interruptor termomagnético AC.**

La selección del interruptor termomagnético estará basado de acuerdo a la intensidad admisible que soportan los conductores.

En este tramo la sección de los conductores es de 10 mm<sup>2</sup>, entonces de acuerdo a la tabla de intensidades máximas dada por el CNE para conductores este soporta una corriente máxima de 50 amperios.

Los valores normales de funcionamiento que van a circular estarán dados por la máxima potencia que puede entregar el inversor a la red, siendo igual a los 10 KW la potencia que se realizará para la conexión.

$$I = \frac{p}{\sqrt{3} \times U \times \cos\theta} = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 380} = 15 \text{ A}$$

Al tener en este tramo un conductor que soporta 50 amperios, se tiene la opción de elegir un interruptor entre 15 y 50 amperios, en nuestro caso se seleccionara un interruptor termomagnético trifásico de la marca Bticino de 3 x 32 A. (Especificaciones ver anexo N° 2.1)

## **Selección de conductores**

### **Tramo: generador fotovoltaico / unidad modular de protección**

Esta sección comprende entre la salida de todo el ramal conectado en paralelo entre módulos hasta la unidad modular de protección, contando con polaridad positiva y negativa.

Parámetros a tener en cuenta al calcular la sección de los conductores.

**-L** será la longitud del conductor (m). esta distancia será tomada desde el panel más alejado hasta la caja de conexiones igual a 10 metros.

**-Icc** asumida como la máxima corriente que circulará por el conductor siendo esta la corriente de cortocircuito de los módulos solares.

**-U** tomada como la pérdida de tensión (V) máxima que deben tener los conductores de acuerdo al CNE, siendo de un 2.5%. La tensión en este tramo

será la del punto de máxima potencia de cada módulo solar  $V_{mpp}$  31.7 multiplicado por el número de módulos conectados en paralelo.

-**C** es el grado de conductividad del material que constituye el conductor, los conductores serán de cobre y su conductividad es de  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

Como se trata de un tramo de corriente continua se utilizará la siguiente fórmula para el cálculo.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc}}{u \cdot C} = \frac{2 \times 10 \times 8,69}{1,5 \times 602,3 \times 56} = 3,43 \text{ mm}^2$$

Según el CNE la sección superior normalizada es de **4 mm<sup>2</sup>**.

#### **Tramo: unidad modular / inversor**

Realmente este no es un tramo diferente entonces se utilizará el mismo conductor.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc}}{u \cdot C} = 4 \text{ mm}^2$$

#### **Tramo inversor / red pública de baja tensión**

En la sección 050-102 del Código Nacional de Electricidad da a conocer las caídas de tensión máximas permisibles de los conductores donde aclara que la caída de tensión de los conductores alimentadores no sobrepase el 2.5 % y la caída máxima total hacia el punto más alejado no sobrepase el 4%.

Al referirse a un tramo de corriente alterna, la sección del conductor a utilizarse se calculará con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{u \cdot C} = 10 \text{ mm}^2.$$

Se utilizará conductores unipolares de cobre, 0.6/1 kv de 10 mm<sup>2</sup> de sección.

Figura 11: Corrientes para conductores según su sección

Tamaño del cable, corte de área seccional [mm <sup>2</sup> ]	Corriente máxima [A]	Potencia generada [W]		
		12 V	24 V	220 V
1.0	10	120	240	2200
1.5	15	180	360	3300
2.5	20	240	480	4400
4.0	30	360	720	6600
6.0	35	420	840	7700
10.0	50	600	1200	11000
16.0	70	840	1680	15400
25.0	90	1080	2160	19800

Fuente: Obregozo, Arivilca, 2010, p. 25.

- **Calculo del área para la ubicación de los paneles solares**

Las dimensiones del panel solar son 1650 x 992 mm que equivale a un área de 1.636 m<sup>2</sup> por unidad. En general los 37 paneles ocuparan un área de 60.53 m<sup>2</sup>, la distancia entre cadenas aumentar el área dando un total de 78 m<sup>2</sup>.

### **3.4. Determinar la factibilidad técnica de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Jaén-2018.**

Después de realizar la investigación sobre la interconexión de la central de generación fotovoltaica al sistema eléctrico interconectado nacional se pone en manifiesto que técnicamente no existe dificultad alguna o inviabilidad para la interconexión y puesta en funcionamiento y operación de un sistema solar fotovoltaico de 10 kw conectado a la red, ya que la tecnología está disponible para toda la implementación.

Sin embargo, tomando en cuenta nuestro sistema eléctrico interconectado nacional se investigó que lo faltante en el ámbito técnico sería destinar puntos de interconexión de energías renovables en distintas ubicaciones del sistema de distribución.

### Ubicación geográfica del área destinada para el sistema fotovoltaico

En esta sección obtendremos la ubicación geográfica del área disponible para la instalación fotovoltaica.

Con la ayuda de Google Earth se puede obtener las coordenadas geográficas que son: latitud  $-5.7552518^{\circ}$  y longitud  $-78.794404^{\circ}$  mostradas en la imagen del anexo 3.1.

### Diagrama unifilar de interconexión y sistema fotovoltaico

Ver anexo 8.

### 3.5. Evaluación Económica del Diseño Planteado.

Hacemos una evaluación de los gastos de acuerdo a cotizaciones realizadas a proveedores y técnicos dedicados al sector eléctrico.

Tabla 10: Tabla de costos

Descripción	cantidad	Precio unitario S/.	Precio total S/.
Módulos policristalinos de 275 W	40	650	26000
inversor Growatt 10000 UE de 10 KW	1	7000	7000
Medidor bidireccional	1	500	500
Soporte para módulos	40	50	2000
instalación	1	2000	2000
Interruptor termomagnético	1	80	80
unidad modular	1	750	750
Conductores(cables)		500	500
			<b>38830</b>

Fuente: elaboración propia

Para realizar el análisis económico se tomará en consideración el tiempo de durabilidad de los módulos solares y el sistema instalado que oscila entre los 25 a 30 años.

- **Evaluar rentabilidad de la interconexión de energías renovables al SEIN**

Para evaluar la rentabilidad se tuvo que tener en cuenta el precio por kw/h en el pliego tarifario BT5B residencial fijado para la empresa Electro Oriente en la zona de Jaén equivalente a 44.25 ctm. s/.kw/h. Se ha tomado esta tarifa BT5B y no la de tarifa en barra por lo que el precio del kw/h en barra no sería rentable para los productores (RER), teniendo en consideración el decreto legislativo 1002 que en el artículo 1 da a conocer que tiene como propósito el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables por sus beneficios que ofrece a la población, como también la protección de la contaminación de nuestro planeta, por tal motivo promueve la inversión en la producción de electricidad.

En el anexo N° 4 se detallan los precios por kw/h en el pliego tarifario BT5B en Jaén.

### Potencia garantizada

Según el Procedimiento Técnico N° 26 del COES. Para las centrales RER que emplean tecnología mareomotriz, eólica o solar la Potencia Firme es igual a cero (0).

### Pliegos tarifarios para Electro Oriente en Jaén

Figura 12: pliego tarifario BT5B para Jaén

BT5B		SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E	
Residencial	<b>a) Para clientes con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes</b>		
	<b>0 - 30 kW.h</b>		
	Cargo fijo mensual - Lectura Mensual	S./mes	3.17
	Cargo fijo mensual - Lectura Semestra	S./mes	0.00
	Cargo por energía activa	ctm. S./kW.h	44.25
	<b>31 - 100 kW.h</b>		
	Cargo fijo mensual - Lectura Mensual	S./mes	3.17
	Cargo fijo mensual - Lectura Semestra	S./mes	0.00
	Cargo por energía activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	13.28
Cargo por energía activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	59.00	
Residencial	<b>b) Para clientes con consumos mayores a 100 kW.h por mes</b>		
	Cargo fijo mensual - Lectura Mensual	S./mes	3.29
	Cargo fijo mensual - Lectura Semestra	S./mes	0.00
No Residencial	<b>c) Para clientes con consumos igual o mayor 0 kW.h por mes</b>		
	Cargo fijo mensual - Lectura Mensual	S./mes	3.29
	Cargo fijo mensual - Lectura Semestra	S./mes	0.00
	Cargo por energía activa	ctm. S./kW.h	71.01

Fuente: Electro Oriente.

Haciendo el cálculo de la energía vendida se tiene:

Tabla 11: Ingresos por energía producida

<b>Ingresos por energía vendida</b>					
Potencia del sistema fotovoltaico	Potencia generada en 3.4 HSP	Tarifa por kw/h en ctm S/.	Ingreso en soles al día (34.6 kw x 0.4425 S/.)	Ingreso mensual (15.31 S/. x 30 días)	Ingreso anual (459.3 S/.x 12 meses)
10 KW	34.6 KW	44.25	15.31 S/.	459.3 S/.	<b>5511.6 S/.</b>

Fuente: elaboración propia

La tabla 11 expresa el costo total de la energía producida en un año con base en una tarifa de S/.0.4425 por kw/h.

Tabla 12: Tiempo de recuperación de la inversión

<b>cálculo para el tiempo de recuperación del costo del sistema instalado</b>			
Costo del sistema instalado S/.	Ingreso mensual S/.	Ingreso anual S/.	Tiempo de recuperación en años = costo del sistema / ingreso anual
38830	459.3 S/.	5511.6 S/.	38830 / 5511.6 = 7 años

Fuente: elaboración propia

#### ▪ Evaluación VAN Y TIR

<b>VAN</b>	S/ 11149.
<b>TIR</b>	13.59%

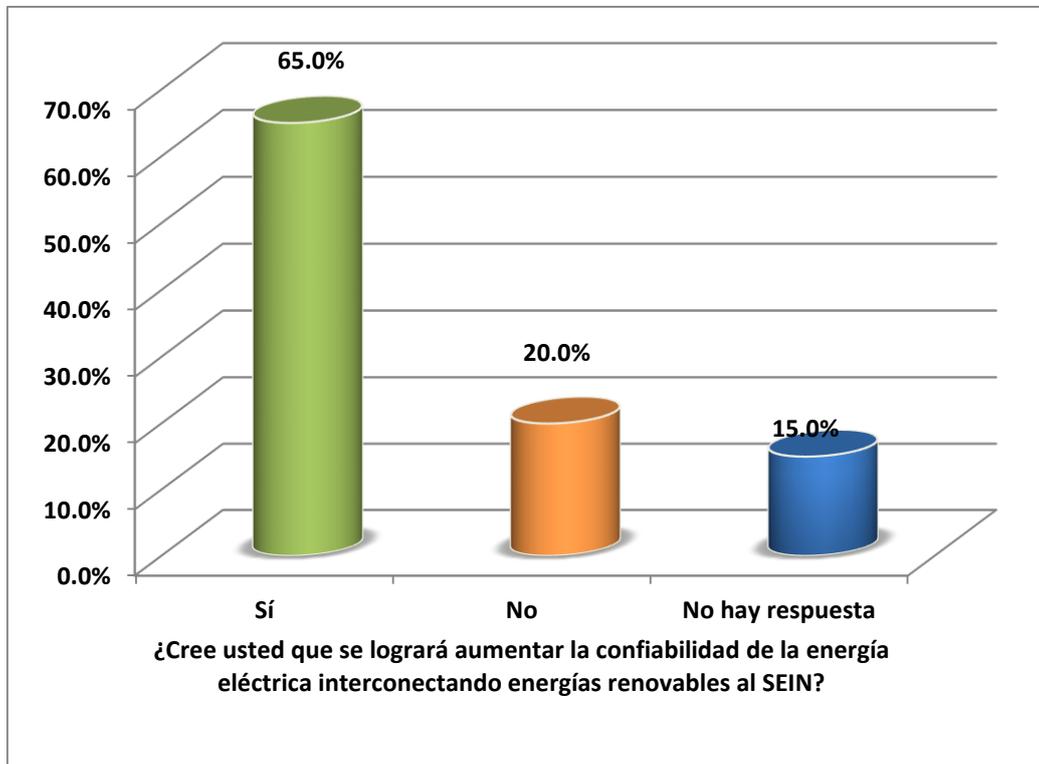
El flujo de caja efectuado y la tasa de descuento se encuentran en (anexo N° 5)

### 3.6. Confiabilidad de la energía

En este apartado se presentan los datos de una encuesta ejecutada en Jaén para evaluar la percepción que tienen las personas del uso de sistemas fotovoltaicos y

cómo influiría en su nivel de confianza si se pudiera realizar la interconexión con el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

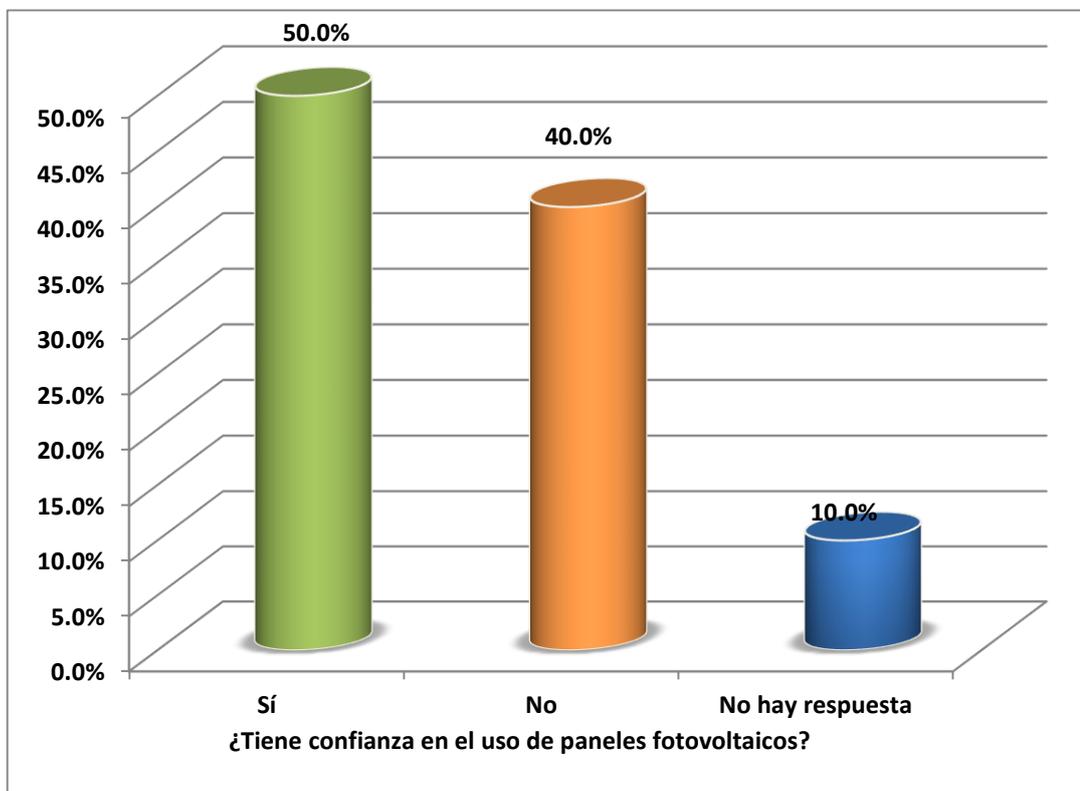
Figura 13: Resultados de la Pregunta N°1 de la Encuesta



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada

En la figura 13 se puede apreciar que más de la mitad de los encuestados considera que al realizar la interconexión con el SEIN se lograra tener una mayor confianza en la energía renovable como lo es la producida por sistemas de generación fotovoltaica.

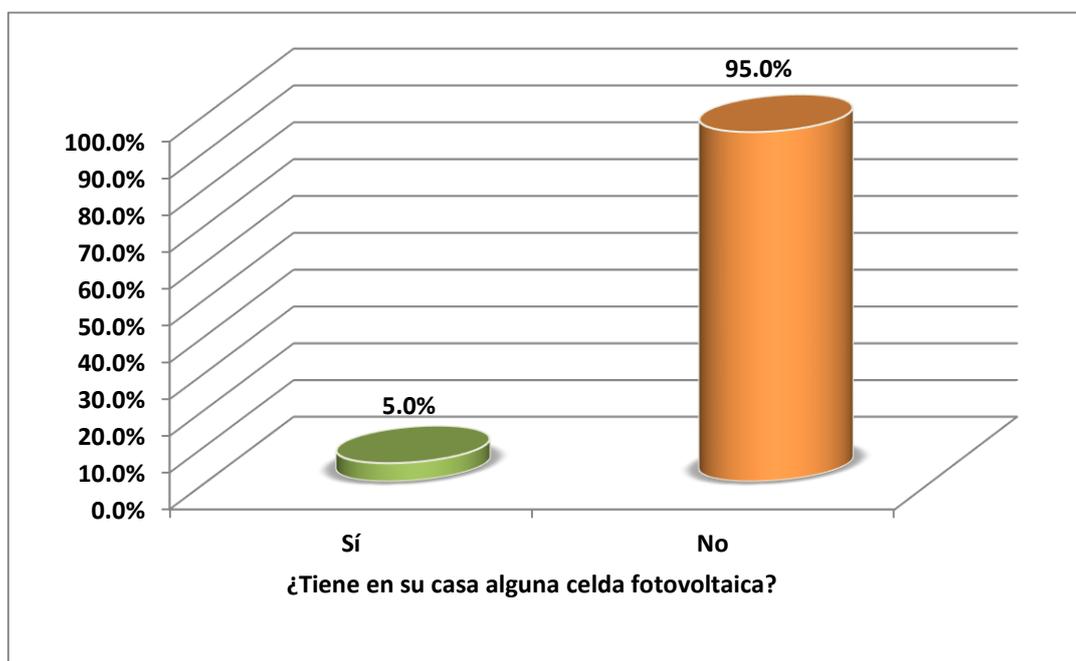
Figura 14: Resultados de la Pregunta N°2 de la Encuesta



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada

En la figura 14 se evidencia que actualmente la confianza en el uso de paneles fotovoltaicos es menor al que se tiene si se conectara al SEIN, se puede apreciar que el 50% tiene confianza actualmente mientras que según la figura 13 la confianza se incrementaría hasta un 65% si existiera la interconexión.

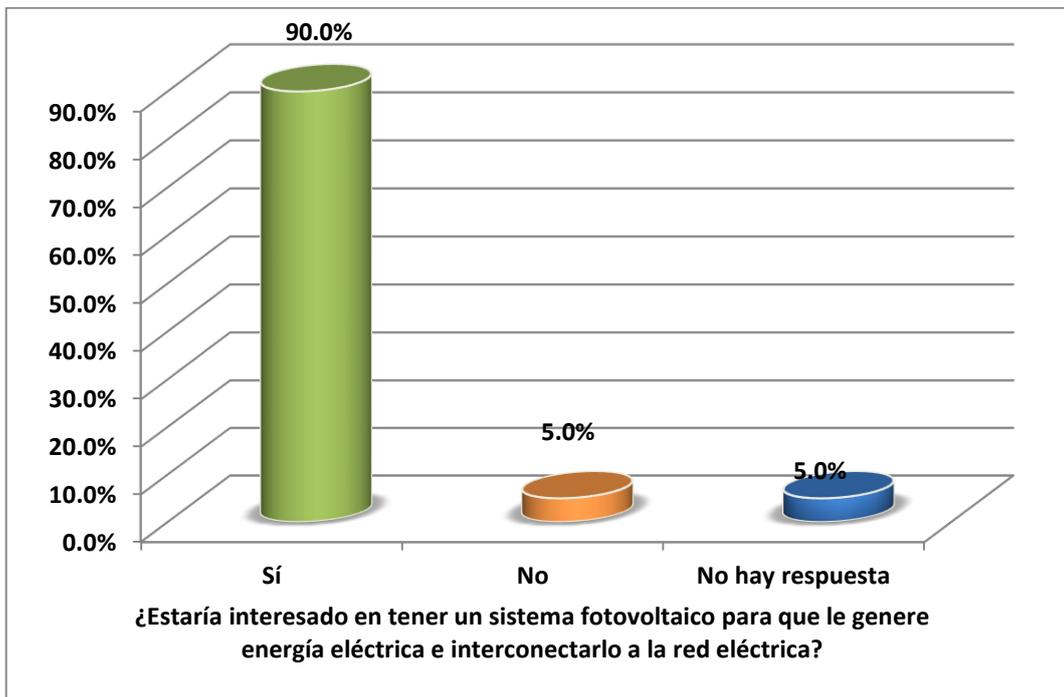
Figura 15: Resultados de la Pregunta N°3 de la Encuesta



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada

La figura 15 muestra que el uso de este tipo de energía es escaso puesto que solo 5% de los encuestados refiere que tiene una celda fotovoltaica en su domicilio.

Figura 16: Resultados de la Pregunta N°4 de la Encuesta



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada

La figura 16 pone en evidencia que casi la totalidad de los encuestados manifiesta estar interesado en el uso de un sistema fotovoltaico.

#### IV. DISCUSION DE RESULTADOS

La radiación determinada para Jaén fue 3.46 kWh/m<sup>2</sup>/día. (se consideró este valor por ser el más bajo del año con lo cual se garantiza que no existan valores menores que altere la producción) el valor fue determinando según los resultados publicados por NASA. Según el SENAMHI, los niveles de radiación en el Perú son altos, pero son mayores en regiones como Arequipa, Moquegua donde se evidencian valores más elevados y en ciudades de la selva se registran los valores más bajos. El promedio anual para Cajamarca es inferior a los que presentan Arequipa o Moquegua, pero aun constituye un valor importante para poder hacer uso de la energía solar. En la investigación realizada (Quispe, 2017) por que registra su fuente de radiación basándose en la NASA se puede apreciar

que tiene valores más elevados que los que se muestra para la ciudad de Jaén, es así que el máximo fue 7.01 kWh/m<sup>2</sup>/día y el mínimo fue 5.39 kWh/m<sup>2</sup>/día y otra diferencia es que el valor más bajo fue registrado en el mes de junio, mientras que el de Jaén fue en el mes de febrero. Las diferencias de radiación son notorias puesto que a pesar de estar en el mismo país debemos de recordar que el Perú cuenta con diversidad de microclimas y la diferencia de altitud también influye por lo que para calcular la producción de un sistema fotovoltaico se debe siempre de hacer una evaluación apropiada de la radiación del lugar ya que es una variable que va influir directamente en la producción de electricidad.

Uno de los objetivos planteados es identificar la factibilidad legal del trabajo y para ello se hizo la revisión de leyes, normas, procedimientos técnicos que sustenten la posibilidad de interconexión. Se encontró que dentro de las normas peruanas ya se tiene como objetivo promover el uso de energía renovable y que mediante el Decreto legislativo 1221 se sientan las bases para permitir el paso de los excesos de generación eléctrica al sistema de distribución nacional; sin embargo no se ha encontrado reglamentos que brinden las características que se debe tener para poder realizar la conexión como si hay para el caso de producciones mayores a 500 Kw en el que se establece como base para realizar la conexión que para cada punto de conexión la potencia debe ser menor del 5% de la potencia para cortocircuito. Como ya mencionamos, existen las bases legales para el uso de energía renovable (en este caso mediante generación fotovoltaica) pero se necesita detallar la legislación correspondiente; pero al realizar una comparación con un país latinoamericano como México encontramos que en este caso si existe una Ley para el Aprovechamiento de Energías renovables que posibilita la interconexión con Comisión Federal de Energía incluso con potencias menores a 10 KW. La preocupación por el uso de energías renovables se extiende por lo países de Latinoamérica por lo que los países tienen que ajustar sus leyes y normas para que se ajusten al uso de estas fuentes energéticas, un ejemplo de ello lo podemos mencionar en el trabajo realizado por Ladino 2011 quien al realizar su tesis en Colombia ya expone las normas con las que cuenta su país con respecto al uso de energía renovable y resalta las siguientes: GTC 114 en la

que se detallan las características técnicas que debe tener la producción de energía fotovoltaica o la NTC 4405 que permite evaluar la eficiencia de dichos sistemas. Como podemos ver en los países latinoamericanos existen normas con respecto al uso de la energía renovable que varían según los países.

Un objetivo planteado era demostrar la factibilidad económica del trabajo, es decir demostrar que se va a recuperar la inversión realizada y que además se puede disminuir los gastos que se tiene en relación al consumo eléctrico habitual o en todo caso que sean similares, en los resultados se ha visto que si bien los costos de instalación son altos estos se recuperarían a mediano plazo y que posteriormente el sistema ya no representaría egresos, sino por el contrario generaría ahorro. Para la implementación del sistema de generación fotovoltaico se calculó un presupuesto de S/. 38830 siendo lo más costoso los 40 Módulos policristalinos. Para (Banda, 2017), el presupuesto fue 20 548.8 dólares que supera ampliamente el designado para la presente investigación y esto se debe principalmente a los paneles policristalinos que por ser para un sistema aislado son más costosos a diferencia de los que se presupuestaron en este trabajo que son útiles para interconexiones. Es muy importante especificar las características de los materiales empleados porque esto influye en su costo y por lo tanto puede aumentar o disminuir el tiempo de recuperación de la inversión.

La tarifa utilizada en el proyecto fue de S/. 0.4425 por kW inyectado, tomando como referencia el pliego tarifario BT5B en Jaén, lo que permitiría rescatar lo invertido en un plazo de 7 años, mientras que para el estudio de Serván 2014 la tarifa con la que se trabajó variaba entre 0.361 y 1.026 lo que permite recuperar la inversión en un plazo que va desde 5 años hasta 20 años; como se puede apreciar los trabajos nos permiten percibir que la capacidad para recuperar una inversión depende de varios aspectos y uno de los más importantes es la tarifa a la cual se vende la energía producida

Al realizar el estudio VAN Y TIR, se estableció como tasa de descuento 10% y se determinó que el VAN fue positivo S/. 11149, lo que significa que a la tasa de descuento determinada en la inversión va generar ganancias; mientras que el TIR fue 13.59% un valor positivo (lo cual implica que existe una ganancia); donde la

inversión es favorable y se debe realizar. En el estudio realizado por (Banda, 2017) se encontró un VAN negativo lo que indica que su realización no resulta rentable y el TIR también es negativo, en cambio el presente estudio resulta rentable y una de las variables que influyen en esto es el precio del kw/h y los módulos solares utilizados son de menor costo.

En cambio, para el trabajo de Banda los costos de inversión de los paneles son aproximadamente el doble de lo que se presenta en este trabajo.

## **V. CONCLUSIONES**

- Los niveles de radiación en el Perú y particularmente en Jaén permiten aprovecharlos generando electricidad mediante placas fotovoltaicas determinándose un nivel de radiación en Jaén de 3.46 kWh/m<sup>2</sup> a 5.68 kWh/m<sup>2</sup>.
- Se encontraron las bases legales para el uso de energía renovable y su interconexión al SEIN, como es el decreto legislativo 1221 (2015) donde da a conocer las modificaciones importantes sobre la generación distribuida argumentando que los usuarios que disponen de generación eléctrica renovable o de cogeneración podrán inyectar sus excedentes al sistema de distribución, pero al no encontrarse debidamente reglamentado aun no es factible realizar este tipo de interconexiones sino que en un futuro cercano será esto posible.
- Se seleccionaron los componentes de una planta fotovoltaica interconectada a la red para generar y distribuir 10 kw de potencia, como son paneles solares, inversor, unidad modular de protección en DC, y protecciones del sistema en corriente alterna.
- La realización de la interconexión de la central de generación fotovoltaica técnicamente es factible, ya que la tecnología está disponible para toda la implementación además se cuenta con todo un kit de instrumentos y herramientas en el mercado, personal capacitado y apto para poner en funcionamiento este tipo de sistemas.

- Si Existe factibilidad económica porque como se ha demostrado que la inversión se recupera en aproximadamente 7 años y el tiempo de duración de los equipos son de hasta 25 años.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Por el momento se recomienda realizar el uso de generación fotovoltaica a pequeña escala en sistemas aislados debido a que las normativas existentes no tienen aún resultado para poder interconectarlo con el sistema eléctrico interconectado.
- Se recomienda seguir con investigaciones similares y de otras posibles aplicaciones y usos; además de realizar la publicación de los trabajos para de esta forma sentar precedentes de la preocupación por el uso de este tipo de energía renovable y que exista preocupación para crear normativas que faciliten la interconexión y beneficien a los productores que inyectan energía limpia al sistema eléctrico nacional.

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A.BRUNA, C. Avances en energías renovables y medio ambiente “Planta fotovoltaica como estrategia de mejora del nivel de tensión de red eléctrica en Santiago del Estero, Impreso en Argentina. pág. 1, 2015. ISSN 2314-1433

AMETRANO, A. División de medio ambiente y desarrollo. CEPAL/COMISION Económica para América Latina y el Caribe, 1999. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5702/S9900085\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5702/S9900085_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ASADES, PROYECTO IRESUD: “Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos” Vol.18 Revista Científica de Energías Renovables Impreso en Argentina. ISSN 2314-1433, 2014.

BAHRAMI, S; Imari, A. J Electron Electron Syst , Journal. Electrical Systems . 2014. ISSN 2332-0796

BANDA, A. R. Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en las instalaciones de la UCSP. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Católica San Pablo Septiembre del 2017.

Ley 20/20. Departamento de Ingeniería Eléctrica.Pontificia Universidad Católica de Chile, Mercoles 30 de mayo del 2012.

La energía solar [Una energía garantizada para los próximos 6000 millones de años]. (Agosto del 2017) consultado el [15 de octubre del 2018] Recuperado de <http://www.censolar.org/menu2.htm>.

Generación distribuida para autoconsumo y redes inteligentes por Colmenar Antonio [et al] España :Universidad Nacional de Educación a Distancia 2015 ISBN 9788436269864.

Ley N° 25844. (1992). Ley de Concesiones Eléctricas. ley, Publicada en el Diario Oficial El Peruano el 19/11/1992.

Decreto Legislativo, N° 050-2008. Comercialización de energía y potencia generada con RER. Publicado el 02 de octubre del 2008.

Decreto Supremo, N°023-2012.diario oficial el peruano,Lima Peru 23 de Agosto del 2012.

DIAZ, Mendoza, jhayber. Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica al Caserio Laquipampa Bajo distrito de Incahuasi. Tesis (Ingeniero Mecánico Eléctrico). Universidad Cesar Vallejo, Perú, pag 20, 2017.

Dirección General de Electricidad. Interconexión de Fuentes de Producción de Energía Eléctrica. En Código Nacional de Electricidad Utilización (2006). Sección 430).

DOMINGUEZ, Salvatierra, Análisis de Calidad de Energía Eléctrica en Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red. Tesis (Título de Ingeniería Eléctrica). Universidad Politecnica Salesiana de Cuenca, 2016.

Energías Renovables [Cuanto CO2 Se Ahorra Con La Energía Solar]. (Mayo de 2008, recuperado de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2008/05/19/cuanto-co2-se-ahorra-con-la-energia-solar>

Energy y Environmental Science. Revisiones Energéticas Renovables y Sostenibles Vol. 94, octubre de 2018, páginas 1-14. Energy y Environmental Science, 94. recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118303903>

Equipo Editorial. Montaje eléctrico y electrónico en Instalaciones solares fotovoltaicas (7 ed.). España: Editorial Elearning ISBN: 9788499313504.

ESCALPES, Javier, Adaptabilidad de la Energía Solar Fotovoltaica Sobre Fachadas Urbanas. (Tesis Doctoral) Alicante: Universidad de Alicante, Noviembre de 2012, pag 22.

FOSSATI, Juan Literature review of microgrids “Revisión bibliográfica sobre micro redes inteligentes”2011. ISSN:1510-7450, pag 13.

GAMIO, Aita Perú Potencial Energético Propuestas y Desafíos. Revista de Derecho Administrativo, pp 22, 2017.

GASTON. Energía Estratégica (09 de Noviembre de 2015).Recuperado de <http://www.energiaestrategica.com/estado-de-brasil-regulo-la-generacion-distribuida-para-energias-renovables/>

GONZALEZ, Francisco Redes Inteligentes Sustentables(Macro/Micro):Retos y oportunidades. the University of Manchester octubre del 2010, pag 6.

GUZOWSKI, Carina y RECALDE, Marina.(2008). Barreras a la Entrada de las Energías Renovables: El Caso Argentino. Revista Asades, Vol N°12 2008. Pag 2, ISSN 0329-5184.

HUGH, Rudnick. Dirección de Programación del Sector Público, Regulación del Sector Eléctrico en Chile, Perú y Venezuela, pag 11, 18 de junio de 1997.

HUIDOBRO, José Manuel. Parques solares una inversion rentable Autores científicos-técnicos y académicos recuperado de [https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/047053.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/047053.pdf), pag 53.

LEON, PERCY. (2013). Regulación de las energías Renovables en el Perú. OSINERGMIN, Ica 24 de Julio del 2013.

Ley. N° 2015-0070, (2015). Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica. Quito 14 de Enero del 2015.

MARSH, G. Los módulos solares fotovoltaicos serían de poco uso si no fuera por una caja electrónica de trucos que normalmente no esta a la vista y fuera de la mente". Renewable Energy Focus, 12, 46-51, Abril de 2011.

MEN, SENAMHI. Estudio del Plan Maestro de Electrificación Rural con Energía Renovable en la República del Perú, 2003.

Osinergming.. [www.osinergming.gob.pe](http://www.osinergming.gob.pe), Enero de 2018. recuperado de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.1.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.1.pdf)

OBREGOSO, Carlos, ARIVILCA, Roberto. Manual técnico para instalaciones domiciliarias: Energía Solar Fotovoltaica. Perú: pg:49, 2010.

PEREZ Tobar, Rodrigo. Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica e Interconexión Sinc-Sic. Tesis( Magister en Economía). Universidad de Chile, Santiago, pag 7, 2015.

QUISPE Tecce, Augusto. Estudio técnico y económico para la instalación de una planta fotovoltaica para la provisión de energía al sistema eléctrico interconectado

nacional en la región Puno. Tesis (Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional del Altiplano. Perú , pag 39, 2017.

REN, Reporte de la Situación Mundial de las Energías Renovables 2015. RENEWABLE ENERGY POLICY,pag 13, 2015.

RSC Advances, (Contraelectrodos basados en dicalcogenuro de metal de transición bidimensional para células solares sensibilizadas por colorante. RSC Advances, 2017 recuperado de <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/ra/c7ra03599c#!divAbstract>

Science Energy, E.). (C. Petridis, G. Kakavelakis, y E. Kymakis, Edits.) Energy y Environmental Science. 2018 Obtenido de <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/ee/c7ee03620e#!divAbstract>

Segunda Legislatura Ordinaria 2003. (2004). Ley de promoción y utilización de recursos renovables no convencionales en zonas rurales, aisladas y de frontera del país. Proyecto. Obtenido de <http://www2.congreso.gob.pe/sicr/RelatAgenda/proapro.nsf/ProyectosAprobadosPortal/90964D97781750B105256ED70009820D>

Senamhi. (índice de radiación ultravioleta en Jaén, Junio de 2018. Obtenido de [https://www.senamhi.gob.pe/usr/dms/modelo/iuv/ziuv\\_0608\\_dia\\_2.png](https://www.senamhi.gob.pe/usr/dms/modelo/iuv/ziuv_0608_dia_2.png)

SERVAN, S. J “Análisis técnico-económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red”. Tesis (Ingeniero Mecánico-Eléctrico). Universidad De Piura, 2014, pag 1.

SUAREZ, P. Impacto de la Generación Eólica y Solar en el Sistema Eléctrico de Baja California. Tesis (Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica). Escuela superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México,D.F 2010, pag1.

TACNA, Villanueva , M. C, ALECASTRO Medrano, Y. A., y MORALES Paredes, H. K. (2017). Normatividad Nacional e Internacional para la Microgeneración Fotovoltaica en el Perú. Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente(XXIV).

USCUVILCA, C. O. Aprovechamiento de energía solar térmica y fotovoltaica en conexión a la red de distribución eléctrica para uso eficiente de energías en viviendas. Tesis(Unidad de Postgrado de la Escuela de Ingeniería). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo – Perú 2016, pag 16.

VENTURA, R. Propuesta de Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red en el Municipio de San Buena Ventura,Usulután,el Salvador. Tesis (Mg. en Energías Renovables y Medio Ambiente). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. 2014. págs, 3,4.

VILCHES, P. A. la energía solar. Innovación y Experiencias Educativas, 27 de Febrero de 2010, pag 20.

# ANEXOS

## ANEXO Nº 1

### Especificaciones técnicas del módulo solar

## TP660P - 270 / 275 / 280W

### Polycrystalline Solar Module

#### 60-Cell Series



---

#### KEY FEATURES

- 

**Maximize limited space**

Maximum power output 280W
- 

**Excellent Anti-PID performance**

2 times of industry standard Anti-PID test by TUV Rheinland
- 

**Highly reliable due to stringent quality control**

Inhouse testing goes well beyond certification requirements
- 

**Certified to withstand the most challenging environmental conditions**

2400 Pa wind load · 5400 Pa snow load · 25 mm hail stones at 82 km/h
- 

**IP68 junction box**

The highest waterproof level
- 

**Lower temperature coefficients**

Enhance power generation

#### SYSTEM & PRODUCT CERTIFICATES

- IEC 61215 / IEC 61730 / UL 1703
- ISO 9001 : 2008 Quality Management System
- ISO 14001 : 2004 Environment Management System
- OHSAS 18001 : 2007 Occupational Health and Safety Management System










#### QUALITY WARRANTY

TALESUN guarantees that defects will not appear in materials and workmanship defined by IEC61215, IEC61730 or UL1703 under normal installation, use and maintenance as specified in Talesun' s installation manual for 10 years from the warranty starting date.





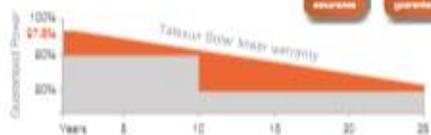


#### PERFORMANCE WARRANTY

Polycrystalline Solar Module

**10 year**  
Quality assurance

**25 year**  
Power output guarantee



Talesun standard
  Industry standard

#### ABOUT TALESUN SOLAR

TALESUN Solar is one of the world' s largest integrated clean energy providers with 4 GW cell and 5 GW module production capacity globally. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry. Talesun Solar is committed to provide customers with customized, systematized and trustworthy turnkey solutions. Till now, Talesun Solar has accumulatively shipped more than 10 GW modules globally.

## ELECTRICAL PARAMETERS

### Performance at STC (Power Tolerance 0 – +3%)

Maximum Power ( Pmax/W )	265	270	275	280
Operating Voltage ( Vmpp/V )	31.0	31.3	31.7	32.0
Operating Current ( Impp/A )	8.56	8.63	8.69	8.76
Open-Circuit Voltage ( Voc/V )	38.2	38.5	38.7	39.0
Short-Circuit Current ( Isc/A )	9.04	9.09	9.17	9.25
Module Efficiency $\eta_m$ ( % )	16.2	16.5	16.8	17.1

### Performance at NOCT

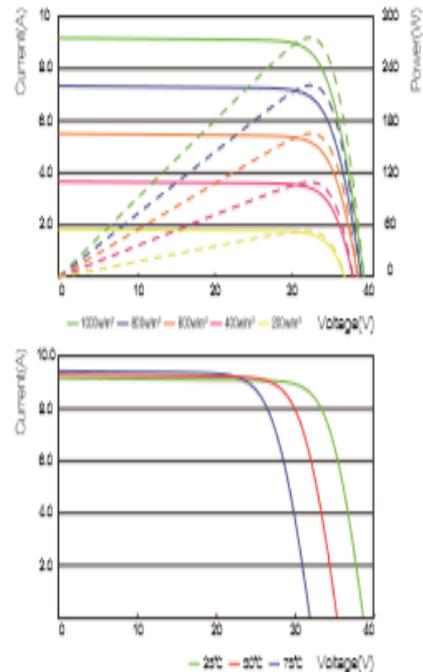
Maximum Power ( Pmax/W )	196	199	203	207
Operating Voltage ( Vmpp/V )	28.7	28.9	29.2	29.4
Operating Current ( Impp/A )	6.83	6.90	6.97	7.04
Open-Circuit Voltage ( Voc/V )	35.2	35.5	35.7	36.0
Short-Circuit Current ( Isc/A )	7.32	7.36	7.42 <td>7.49</td>	7.49

STC: irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25° C, Air Mass AM1.5 NOCT: irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20° C, Wind Speed 1m/s

## MECHANICAL SPECIFICATION

Cell Type	Poly
Cell Dimensions	156.75*156.75mm(6inch)
Cell Arrangement	60(6*10)
Weight	18.5kg(48.5lbs)
Module Dimensions	1650*992*35mm(64.96*39.06*1.38inch)
Cable Length	900mm(47.24inch)
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (0.006sq.in)
Front Glass	3.2mm High Transmission, Tempered Glass
No.of Bypass Diodes	3/6
Packing Configuration (1)	30pcs/Pallet,840pcs/40hq
Packing Configuration (2)	30pcs+5pcs/Pallet, 910pcs/40hq
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68

## I-V CURVE



## ANEXO Nº 2

### Especificaciones técnicas del inversor

Growatt 10000UE/12000UE/18000UE  
/20000UE

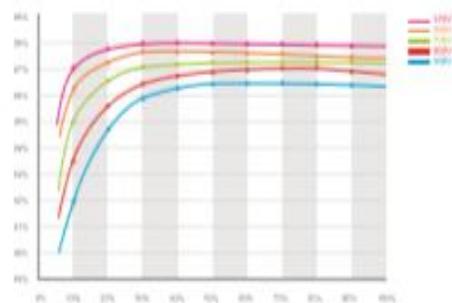
growatt



#### Leading - edge Technology

- ▶ DC input voltage up to 1000V
- ▶ Maximum efficiency of 98%
- ▶ Internal DC switch
- ▶ Transformerless
- ▶ Compact design
- ▶ Multi MPP controller
- ▶ MTL - String
- ▶ Ethernet / RF technology / WiFi
- ▶ Sound control
- ▶ Easy installation
- ▶ Comprehensive Growatt warranty program

Growatt 20000UE efficiency



Datasheet	Growatt 10000UE	Growatt 12000UE	Growatt 18000UE	Growatt 20000UE
<b>Input Data</b>				
Max. DC power	11000W	13200W	19800W	22000W
Max DC voltage	1000V	1000V	1000V	1000V
Start Voltage	350V	350V	350V	350V
PV voltage range	180V - 1000V	180V - 1000V	180V - 1000V	180V - 1000V
MPP voltage range / nominal voltage	300V - 1000V / 600V			
Full load DC voltage range	400V - 800V	400V - 800V	400V - 800V	400V - 800V
Number of MPP trackers/ strings per MPP tracker	2/2	2/2	2/3	2/3
Max. input current	15A / 15A	17A / 17A	23A / 23A	26A / 26A
Max. input current per string	20A	20A	20A	20A
<b>Output (AC)</b>				
Rated AC output power	10KW	12KW	18KW	20KW
Max. AC apparent power	10KVA	12KVA	18KVA	20KVA
Max. output current	16A	19A	28.6A	32A
AC nominal voltage; range	230V/400V 184 - 275V	230V/400V 184 - 275V	230V/400V 184 - 275V	230V/400V 184 - 275V
AC grid frequency; range	50-60Hz; 44-55Hz/54-65Hz	50-60Hz; 44-55Hz/54-65Hz	50-60Hz; 44-55Hz/54-65Hz	50-60Hz; 44-55Hz/54-65Hz
Power factor at rated power	1	1	1	1
Displacement power factor configurable	0~0.8leading - 0~0.8lagging	0~0.8leading - 0~0.8lagging	0~1leading -0~1lagging	0~1leading - 0~1lagging
THDI	<3%	<3%	<3%	<3%
AC connection	3/N/PE, 3W+PE(Opt)	3/N/PE, 3W+PE(Opt)	3/N/PE, 3W+PE(Opt)	3/N/PE 3W+PE(Opt)
<b>Efficiency</b>				
Max. efficiency	98%	98%	98%	98%
Euro - eta	97.5%	97.5%	97.5%	97.5%
MPPT efficiency	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%
<b>Protection Devices</b>				
DC reverse polarity protection	yes	yes	yes	yes
DC switch for each MPPT	yes	yes	yes	yes
Output AC overcurrent protection	yes	yes	yes	yes
Output AC overvoltage protection - varistor	yes	yes	yes	yes
Ground fault monitoring	yes	yes	yes	yes
Grid monitoring	yes	yes	yes	yes
Integrated all-pole sensitive leakage current monitoring unit	yes	yes	yes	yes
<b>General Data</b>				
Dimensions (W / H / D)	490/740/235 mm	490/740/235 mm	570/740/235 mm	570/740/235 mm
Weight	41kg	41kg	60kg	60kg
Operating temperature range	-25 °C ... +60 °C (with derating above45°C)	-25 °C ... +60 °C (with derating above45°C)	-25 °C ... +60 °C (with derating above45°C)	-25 °C ... +60 °C (with derating above45°C)
Noise emission (typical)	≤ 55 dB(A)	≤ 55 dB(A)	≤ 55 dB(A)	≤ 55 dB(A)
Self-Consumption (night)	<0.5W	<0.5W	<0.5W	<0.5W
Standby consumption	12W	12W	12W	12W
Topology	Transformerless	Transformerless	Transformerless	Transformerless
Cooling concept	Smart cooling	Smart cooling	Smart cooling	Smart cooling
Environmental Protection Rating	IP 65	IP 65	IP 65	IP 65
Altitude	2000m without derating	2000m without derating	2000m without derating	2000m without derating
Relative Humidity	0~100%	0~100%	0~100%	0~100%
<b>Features</b>				
DC connection	H4/MC4(opt)	H4/MC4(opt)	H4/MC4(opt)	H4/MC4(opt)
AC connection	Screw terminal	Screw terminal	Screw terminal	Screw terminal
Display	LCD	LCD	LCD	LCD

## ANEXO 2.1

### Especificaciones técnicas del interruptor termomagnético

#### Ficha Técnica

Atributos	Detalles
Marca	Bticino
Modelo	Trifásico
Material	Conductor de cobre con aislamiento de PVC
Potencia	3 x 32 A
Voltaje	400 V
Capacidad de ruptura	10 Ka
Frecuencia	50 - 60 Hz.
Temperatura de operación	40° C
Garantía	1 año
Uso	Ofrece protección contra sobrecarga y cortocircuito en una instalación eléctrica. Aplicación residencial e industrial.
Procedencia	Italia
Características	Curva de intervención tipo C. Interruptor tipo riel bifásico 2
Recomendaciones	El mecanismo de disparo es independiente del mecanismo de mando manual.
Tipo	Interruptores tipo riel

## ANEXO Nº 3

### Especificaciones técnicas del medidor



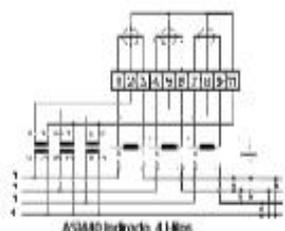
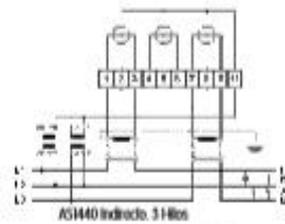
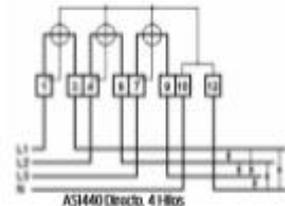
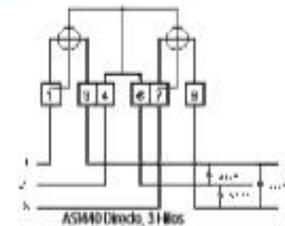
Medidor electrónico multifunción polifásico proyectado para el rubro residencial, comercial ligero y alumbrado público.

Los cambios en la regulación de tarifas en el sector energético, así como una situación variable de costos, exigen una estructura flexible y un manejo moderno de la energía. La medición remota y la estandarización de procesos resultan muy importantes hoy en día. El medidor AS1440 ha sido creado para adaptarse y satisfacer completamente estos nuevos requerimientos.

El medidor AS1440 está disponible para conexión directa (DC), así como para conexión indirecta (CT/VT). El medidor se fabrica de acuerdo a los estándares IEC, además cumplen con los requisitos de VDEW V2.0 los cuales describen las características que debe cumplir un medidor electrónico de primer nivel.

#### Características

- Alta precisión y estabilidad: clase 1 para DC y clase 0.5S para CT, según IEC 62052-11, IEC 62053-22 y IEC 62053-21.
- Visualización de acuerdo a las especificaciones VDEW mediante el uso del Protocolo IEC 62056-21.
- Medición en los 4 cuadrantes (+/-P, +/-Q, Q1-Q4).
- Hasta 8 tarifas de energía y 4 tarifas de demanda, con control independiente.
- Medición de potencia activa, reactiva y aparente.
- Reloj de tarifas integrado.
- Relé integrado de conexión y desconexión de hasta 100 A (opcional de Fábrica).
- Lectura del medidor aún mientras no posea una fuente de poder: SuperCAP.
- Características Anti-fraude
  - Detección de apertura de tapa principal y de tapa de bornes
  - Detección de inversión de fases
- Preparado para AMI, permitir adicionar módulos de comunicación bajo la cubierta del medidor.
- Uso del sistema con identificadores OBIS (IEC62056-61).
- Archivo de eventos para el registro de todos los sucesos con marca de fecha / hora.
- Perfil de carga de 8 canales de hasta 600 días, 1 canal, 15 minutos.
- Registro de valores instantáneos (V, I, f...) a través del perfil de instrumentación de 8 canales de hasta 600 días, 1 canal, 15 minutos.
- Lectura de datos del medidor de acuerdo con las especificaciones VDEW, en el uso del protocolo IEC 62056-21.
- Interfase Óptica de acuerdo con IEC 62056-21.
- Interfase Eléctrica RS-485.
- Hasta 3 salidas SO electrónicas (opcional de Fábrica).
- Hasta 4 salidas electrónicas a 230V, 100 mA (opcional de Fábrica).
- Inserción de datos de la empresa en



# Especificaciones Técnicas

RECCIONADORES ELECTRONICOS.

Precisión	DC 1 %	CT 0.55 %	
Corriente Nominal	DC 5(20)A – 5(100)A con Relé de Desconexión	CT 5(15)A	
Corriente Máxima (corta duración)	DC 7000A por 2 ciclos	CT 300A por 0.5 seg.	
Corriente de Arranque	DC < 20 mA	CT < 1mA	
Voltaje Nominal	3 hilos 3x220V (-20% , +15%)	4 hilos 3x220/380V (-20% , +15%)	3&4 hilos 3x220/380V (-20% , +15%)
Frecuencia	60Hz ±5%		
Temperatura	Rango de Operación -40°C a +65°C	Rango de Almacenamiento -40°C a +80°C	
Rango de humedad	0% a 100% de humedad relativa sin condensación		
Consumo	Tipo	Circuito voltimétrico	Circuito amperimétrico
	DC	< 0.7W, < 0.8VA por fase	
	CT	< 0.7W, < 0.8VA por fase	
Variación frente a la onda de voltaje	Test realizado	Resultado	
	Sobrecarga de Tensión (1.2/50µs)	12kV, Rsource = 40 Ω	
Mantenimiento del Tiempo	Prueba Dieléctrica	4 kV, 60 Hz durante un minuto	
	Batería	> 5 años en operación continua a 25°C > 10 años en almacenamiento	
Capacidad de lectura sin fuente de alimentación	Supercondensador	> 1 día	
Fuente de Alimentación	Trifásica redundante: En 4 hilos funciona aún cuando dos fases fallan o una fase y el neutro. En tres hilos cuando una de las tres fases falla.		
Fuente de Tarifa Interna	Hasta 8 tarifas, 4 estaciones. Tipos de días relacionados a cada tarifa programables vía software		
Salidas de Control	Se puede conectar hasta una entrada de control:		
	Voltaje de Control	Max. 230 VAC	
	Amperaje de Control	Max. 100 mA	
Salidas Electrónicas	Se puede tener hasta tres salidas electrónicas:		
	Estándar SO	Acorde con IEC 62053-21	
Pantalla	LCD con 7 dígitos programables vía software		
Material de la Carcasa	Policarbonato autoextinguible no inflamable de material sintético reciclable.		
Grado de Protección Contra Polvo y Agua	Carcasa	IP 54	
	Bloque de Terminales	IP 31	
Dimensiones			
Peso de despacho (valor aproximado)	1.5 kg. (sin desconexión) , 1.9 kg. (incluyendo desconexión)		
Comunicaciones			
Puerto óptico	Acorde con IEC 1107, máx. 9600 Baudios.		
RS-485	Máx. 9600 Baudios.		
Módulos	AM100- GSM/GPRS, AM500- PLC, AM600- RF Waveris		
Relé de Desconexión Integrado (opcional)	100,000 Ciclos de Apertura, 10,000 ciclos de apertura a 100A		

### ANEXO 3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL AREA Y PUNTO DE CONEXION

latitud -5. 7552518° y longitud -78. 794404°



### ANEXO 3.2

#### Corrientes para conductores según su sección

Tamaño del cable, corte de área seccional [mm <sup>2</sup> ]	Corriente máxima [A]	Potencia generada [W]		
		12 V	24 V	220 V
1.0	10	120	240	2200
1.5	15	180	360	3300
2.5	20	240	480	4400
4.0	30	360	720	6600
6.0	35	420	840	7700
10.0	50	600	1200	11000
16.0	70	840	1680	15400
25.0	90	1080	2160	19800

## ANEXO 3.3

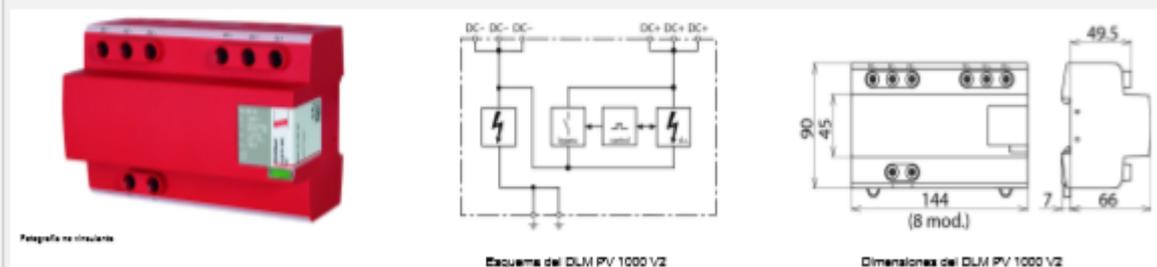
### DATOS TECNICOS UNIDAD MODULAR DE PROTECCION

#### Datos técnicos: DEHNlimit



#### DLM PV 1000 V2 (900 342)

- Descargador combinado de corriente de rayo y sobretensiones, precableado, para su uso en circuitos de generación fotovoltaica
- Elevada capacidad de derivación de corriente de rayo gracias a la acreditada tecnología de vías de chispas de deslizamiento
- Ofrece la máxima disponibilidad de la instalación gracias a su tecnología de vías de chispas con capacidad de apagado de corriente consecutiva en DC



Descargador combinado de corriente de rayo y sobretensiones para sistemas de generación fotovoltaica hasta 1000 V DC.

Tipo	DLM PV 1000 V2
Art. No.	900 342
DPS según EN 61643-11	Tipo 1
DPS según IEC 61643-11	Clase I
Max. tensión PV ( $U_{CPV}$ )	1000 V
Max. tensión de funcionamiento DC ( $U_{maxDC}$ )	1000 V
Min. tensión de funcionamiento DC ( $U_{minDC}$ )	100 V
Capacidad de apagado de la corriente consecutiva DC ( $I_{DC}$ )	100 A
Corriente nominal de descarga (8/20 $\mu$ s) ( $I_n$ )	25 kA
Corriente de impulso de rayo (10/350 $\mu$ s) [DC+ + DC- $\rightarrow$ PE] ( $I_{imp}$ )	50 kA
Energía específica [DC+ + DC- $\rightarrow$ PE] (WR)	625.00 kJ/m
Corriente de impulso de rayo (10/350 $\mu$ s) [DC+ $\rightarrow$ DC-] ( $I_{imp}$ )	25 kA
Energía específica [DC+ $\rightarrow$ DC-] (WR)	166.25 kJ/m
Nivel de protección [DC+ $\rightarrow$ DC-] ( $U_p$ )	$\leq 3.3$ kV
Nivel de protección [(DC+/DC-) $\rightarrow$ PE] ( $U_p$ )	$\leq 4$ kV
Corriente de funcionamiento ( $I_{NDC}$ )	$\leq 5$ mA
Tiempo de respuesta [DC+ $\rightarrow$ DC-] ( $t_R$ )	$\leq 20$ ns
Margen de temperatura de servicio ( $T_U$ )	-40 °C ... +60 °C
Estado operativo / defectuoso	verde / rojo
Número de puertos	1
Sección de conexión (min.)	1.5 mm <sup>2</sup> rígido / flexible
Sección de conexión (max.)	35 mm <sup>2</sup> rígido / 25 mm <sup>2</sup> flexible
Montaje sobre	caril DIN 35 mm según EN 60715
Material de la carcasa	termoplástico, rojo, UL 94 V-0
Lugar de instalación	interior
Grado de protección	IP 20
Capacidad	8 módulo(s), DIN 43880
Peso	752 g
Número aduanero	85363030
GTIN	4013364146624
UPE	1 unidad(es)

ANEXO Nº 4

Pliego tarifario BT5B Jaén

		<b>PLIEGOS TARIFARIOS</b> Para Electro Oriente S.A.	
PLIEGO TARIFARIO MES <b>NOVIEMBRE 2018</b> FECHA VIGENCIA: <b>01 - NOVIEMBRE - 2018</b> <b>ACTUALIZACIÓN DE FACTOR FOSE; CARGOS AJUSTADOS DEL MCTER; FACTOR DE PROPORCIÓN TARIFA RURAL</b>		SISTEMA ELECTRICO:	BAGUA-JAEN
			ST - 2 Bagua-Jaen
OPCION Tarifaria	CARGO DE FACTURACION MEDIA TENSION	UNIDAD	TARIFA
<b>BT5B</b>	<b>SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>		
<b>Residencial</b>	<b>a) Para clientes con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes</b>		
	<b>0 - 30 kW.h</b>		
	Cargo fijo mensual - Lectura Mensual	SI./mes	3.17
	Cargo fijo mensual - Lectura Semestra	SI./mes	0.00
	Cargo por energía activa	ctm. SI./kW.h	44.25
	<b>31 - 100 kW.h</b>		
	Cargo fijo mensual - Lectura Mensual	SI./mes	3.17
	Cargo fijo mensual - Lectura Semestra	SI./mes	0.00
	Cargo por energía activa - Primeros 30 kW.h	SI./mes	13.28
	Cargo por energía activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. SI./kW.h	59.00
<b>Residencial</b>	<b>b) Para clientes con consumos mayores a 100 kW.h por mes</b>		
	Cargo fijo mensual - Lectura Mensual	SI./mes	3.29
	Cargo fijo mensual - Lectura Semestra	SI./mes	0.00
	Cargo por energía activa	ctm. SI./kW.h	61.24
<b>No Residencial</b>	<b>c) Para clientes con consumos igual o mayor 0 kW.h por mes</b>		
	Cargo fijo mensual - Lectura Mensual	SI./mes	3.29
	Cargo fijo mensual - Lectura Semestra	SI./mes	0.00
	Cargo por energía activa	ctm. SI./kW.h	71.01

ANEXO Nº 5

Flujo de Caja y Evaluación Económica - Hoja De cálculo de VAN y TIR

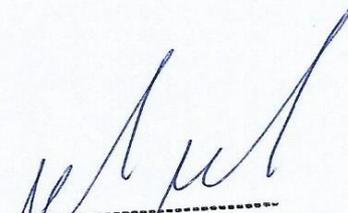
FLUJO DE CAJA Y EVALUACION ECONOMICA		
Nombre del proyecto a Evaluar		"Interconexion fotovoltaica a la red"
<b>INVERSION</b>		
costo material	S/	36,830
Costo instalacion	S/	2,000
desembolso inic	-S/	38,830
Tasa de descuento		10%
<b>"Interconexion fotovoltaica a la red"</b>		
<i>Período en años</i>	<i>Flujo de Fondos</i>	<b>"Interconexion fotovoltaica a la red"</b>
0	-38880	TIR 13.59%
1	S/ 5,512	VAN S/ 11,149.01
2	S/ 5,512	
3	S/ 5,512	
4	S/ 5,512	
5	S/ 5,512	
6	S/ 5,512	
7	S/ 5,512	
8	S/ 5,512	
9	S/ 5,512	
10	S/ 5,512	
11	S/ 5,512	
12	S/ 5,512	
13	S/ 5,512	
14	S/ 5,512	
15	S/ 5,512	
16	S/ 5,512	
17	S/ 5,512	
18	S/ 5,512	
19	S/ 5,512	
20	S/ 5,512	
21	S/ 5,512	
22	S/ 5,512	
23	S/ 5,512	
24	S/ 5,512	
25	S/ 5,512	
<p><b>Resultado</b> →</p> <p><b>Decisión de proyecto</b></p> <p>Me conviene hacer la "Interconexion fotovoltaica a la red" dado que me da un retorno mayor al mercado <b>10%</b></p>		

**ANEXO 6:**

**FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS**

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

- Apellidos y nombres YUMPO BRUNO Jefersson Paul
- Profesión Ing. Mecánico - Electricista
- Grado académico Superior
- Actividad laboral actual Ing. Supervisor - Electricista  
EN EMPRESA HISPAC BIRL

  
Jefersson Paul Yumpo Bruno  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
CIP N° 173297

## ENCUESTA

Encuesta para recolectar información sobre energía eléctrica producida por módulos solares.

Lugar: Jaén

Fecha: 13/12/2018.

Nombre del encuestador: Wilmer Cieza Zurita

**Objetivo:** Determinar personas interesadas en generar energía fotovoltaica en la ciudad de Jaén.

Encuesta realizada a 20 personas

**Caso de estudio:** Factibilidad de la interconexión de la central de generación fotovoltaica de 10 kw al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para aumentar la confiabilidad de la energía" jaén-2018.

1. ¿cree usted que se logrará aumentar la confiabilidad de la energía eléctrica interconectando energías renovables al SEIN?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

2. ¿Tiene confianza en el uso de paneles fotovoltaicos?

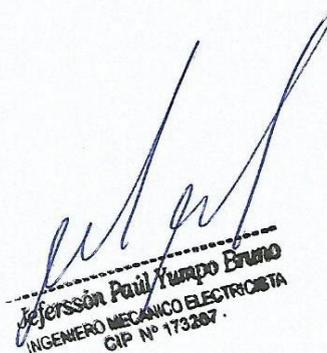
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

3. ¿Tiene en su casa alguna celda fotovoltaica?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

4.- ¿Estaría interesado en tener un sistema fotovoltaico para que le genere energía eléctrica y interconectarlo a la red eléctrica?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

  
Jeffercson Paul Yumpo Bruno  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
CIP Nº 173287

PLATAFORMA DE LA NASA PARA LA BUSQUEDA DE INFORMACION SOBRE RADIACION SOLAR EN LA TIERRA



NASA Surface meteorology and Solar Energy - Location



Enter BOTH latitude and longitude either in decimal degrees or degrees and minutes separated by a space.

Example:

Latitude 33.5  
Longitude -80.75

OR

Latitude 33 30  
Longitude -80 45

Latitude?

South: -90 to 0

North: 0 to 90

Longitude?

West: -180 to 0

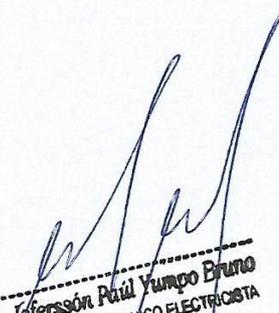
East: 0 to 180

This form is "Reset" if the input is out of range.



[Back to SSE Data Set Home Page](#)

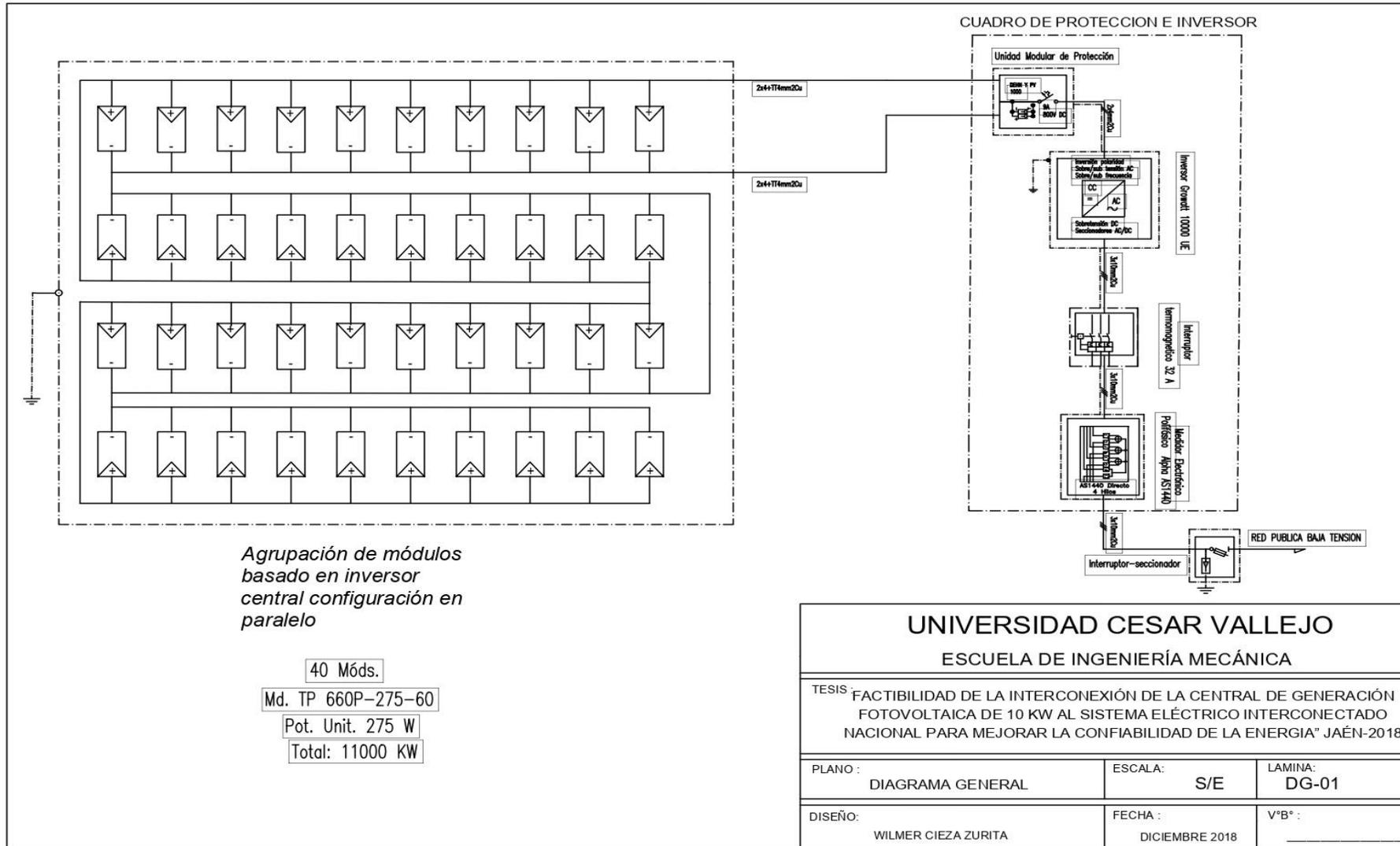
Responsible > Data: Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D.  
Officials > Archive: John H. Kusteror  
Site Administration/Help: NASA Langley ASDC User  
Services ([support-asdc.nasa.gov](mailto:support-asdc.nasa.gov))  
([Privacy Policy and Important Notices](#))  
Document generated on Thu Jul 10 13:29:03 EDT 2014

  
Jefferson Raúl Yumpe Bruno  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
CIP Nº 173287

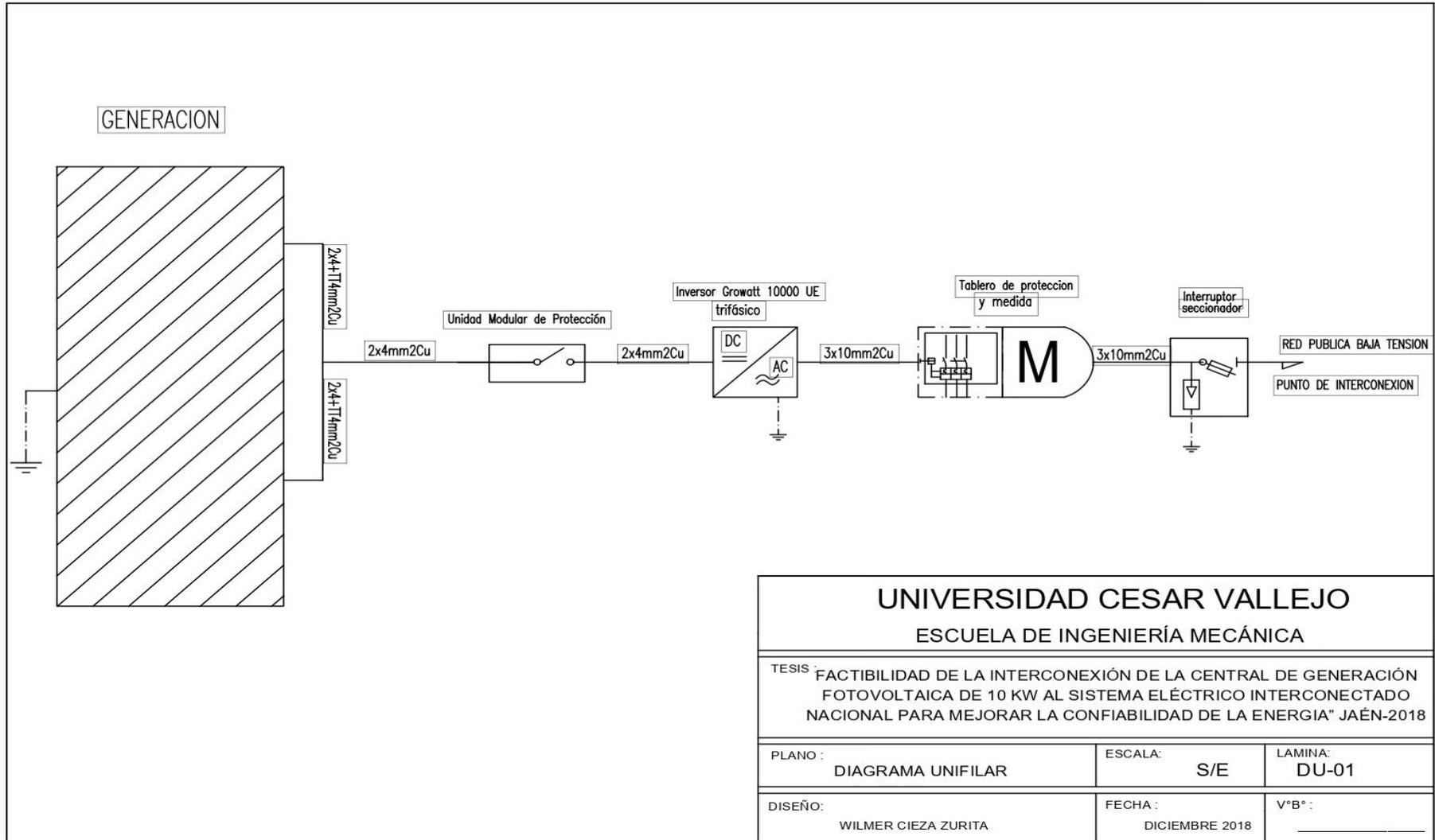
## ANEXO 7: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
<p><b>FACTIBILIDAD DE LA INTERCONEXIÓN DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 KW AL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LA ENERGIA” JAÉN.</b></p>	<p>¿Es factible interconectar energía fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional en las líneas de media tensión de la empresa Electro Oriente S.A. en Jaén?</p>	<p><b><u>O. General</u></b></p> <p>Determinar la factibilidad de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para mejorar la confiabilidad de la energía Jaén-2018.</p> <p><b><u>O. específicos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determinar los niveles de radiación solar en el área de investigación.</li> <li>▪ Calcular y seleccionar los elementos de una planta fotovoltaica interconectada a la red aplicando la normativa para la interconexión de las centrales fotovoltaicas a redes conectadas al SEIN</li> <li>▪ Determinar la factibilidad legal de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al sistema eléctrico interconectado nacional Jaén-2018.</li> <li>▪ Determinar la factibilidad técnica de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Jaén-2018.</li> <li>▪ Determinar la factibilidad económica de la interconexión de la central de generación fotovoltaica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Jaén-2018.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energía</li> <li>▪ Normatividad eléctrica para la interconexión</li> <li>▪ Factibilidad de interconexión</li> <li>▪ Factor económico (gastos operacionales, de mantenimientos, ingresos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hoja de cálculo de Excel para VAN y TIR</li> <li>▪ Presupuesto</li> <li>▪ Encuesta</li> <li>▪ Consulta a expertos</li> <li>▪ Análisis de documentos</li> </ul>	<p><b>1. Tipo</b></p> <p>Investigación, descriptivo, transversal aplicativo</p> <p><b>2. Población</b></p> <p>Todas las centrales de generación fotovoltaica interconectadas a la red eléctrica en la región Cajamarca.</p> <p><b>3. Muestra</b></p> <p>Sistema de generación fotovoltaica de 10 kW conectados al SEIN aplicados en la ciudad de Jaén.</p>

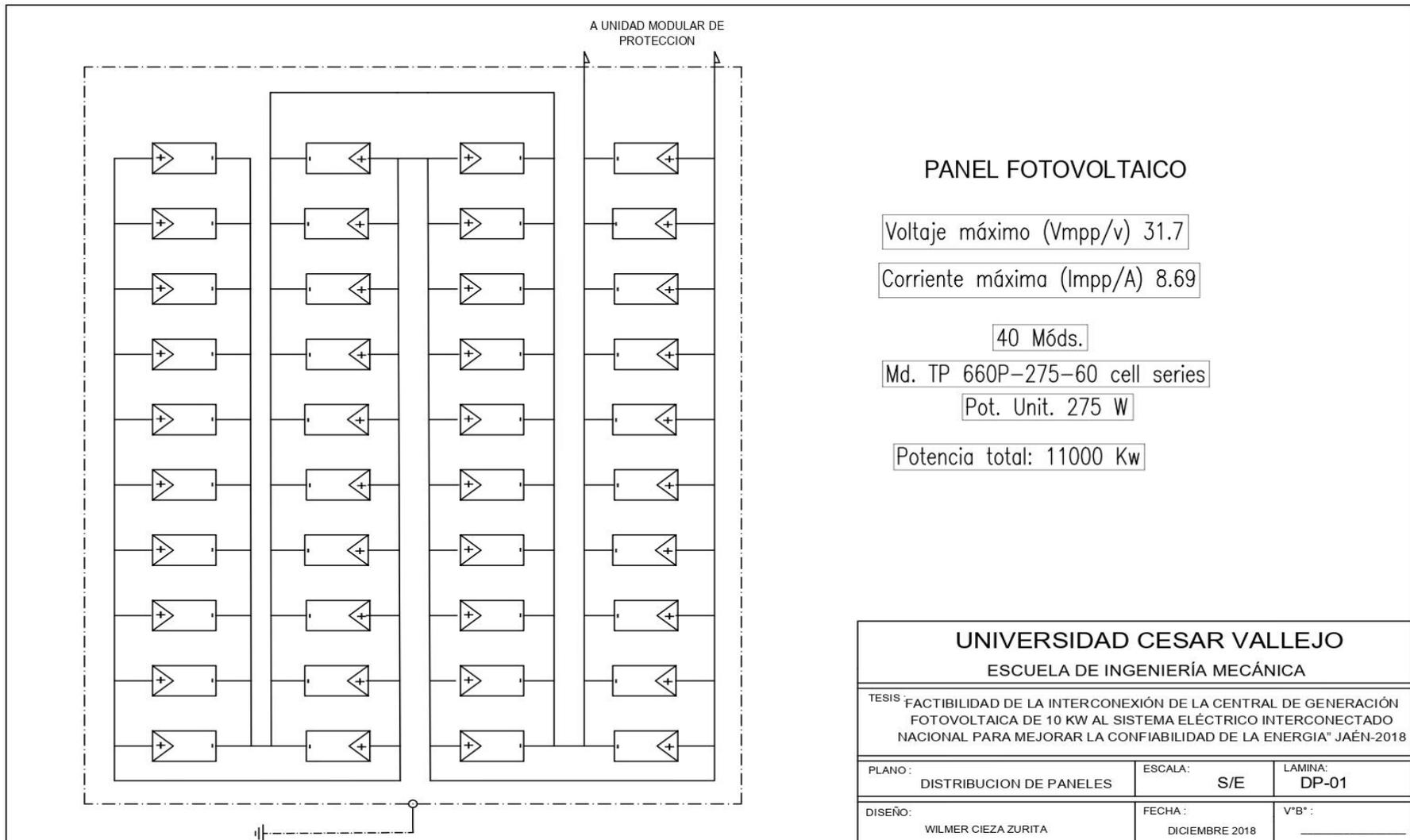
## ANEXO 8: DIAGRAMA GENERAL DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA



# PLANO UNIFILAR DE INTERCONEXION



## DISTRIBUCION DE PANELES SOLARES



## ACTA DE ORIGINALIDAD DE TURNITIN



### ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

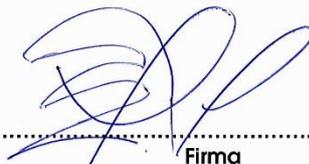
Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: **"FACTIBILIDAD DE LA INTERCONEXIÓN DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 KW AL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LA ENERGÍA JAÉN"**,  
del bachiller:

**CIEZA ZURITA, WILMER**

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 18% 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.

Chiclayo, 03 de julio del 2019



Firma

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio  
16728343

## FORMATO DE AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> <b>UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo Wilmer Cieza Zúñiga, identificado con DNI N° 44043593 egresada de la Escuela de Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo () No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"Factibilidad de la Interconexión de la Central de Generación Fotovoltaica de 10 kw al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para Aumentar la Confiabilidad de la Energía Jalén"

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

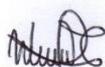
.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

DNI: 44043593

FECHA: 16 de Agosto del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

# AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP. INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Br. CIEZA ZURITA, WILMER

INFORME TITULADO:

"FACTIBILIDAD DE LA INTERCONEXIÓN DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 KW AL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LA ENERGÍA JAÉN".

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN LA FECHA: 12/07/2019

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORÍA

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN