



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS  
SOLARES CONECTADO A RED PARA GENERACIÓN DE  
ENERGÍA - CP SORA 2019.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JUAN RUBEN TORRES GAMARRA**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

*A DIOS Todopoderoso Creador  
Inteligente de todo el universo, por darme  
la vida y salud, por ser guía, fortaleza en  
momentos tan difíciles, pero sobre todo  
por bendecirme con la maravillosa  
familia que tengo.*

*Dedicada a la memoria de mis padres  
Cesar (+) e Isabel (+), por darme la vida,  
a mi hermana Adriana (+) y mi hermano  
Fredy por darme consejos para seguir  
adelante en la vida.*

*A los dos amores de mi vida, mi esposa  
Edith y mi hija Briana Luzhero. Por su  
apoyo, cariño incondicional y darme  
fuerza para llevar a cabo mis metas y  
objetivos. Quiero darle las gracias por su  
amor infinito.*

***Juan Rubén Torres Gamarra***



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a mi alma mater la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO, FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA ELECTRONICA Y SISTEMAS, ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.*

*Mi más cordial reconocimiento y agradecimiento a todos y cada uno de los Ingenieros de la FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA, ELECTRONICA Y SISTEMAS, por el conocimiento impartido en las aulas y la paciencia necesaria para ello.*

*Un sincero agradecimiento a los miembros del Jurado de Tesis: (M.Sc.) MARIO MAMANI PAMPA, (Dr.) LEONIDAS VILCA CALLATA, (M. Sc.) FELIPE CONDORI CHAMBILLA, quienes fueron pieza fundamental en las correcciones para el mejoramiento de mi trabajo de investigación.*

*Mi eterno agradecimiento y reconocimiento al director de Tesis el (M.Sc.) HENRY SHUTA LLOCLA, por su colaboración y orientación en la realización del presente trabajo de investigación, que supo guiarme de la mejor manera.*

*A mi familia quienes siempre estuvieron apoyándome de forma incondicional, y su persistencia para poder concretar una carrera profesional.*

*Finalmente, a mis amigos y compañeros, quienes me dieron la mano en el proceso de aprendizaje y su apoyo desinteresado en los años de formación, que culminan con mi realización profesional.*

***Juan Rubén Torres Gamarra***



# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN ..... 15

ABSTRACT..... 16

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 18

1.1.1. Problema general ..... 18

1.1.2. Problemas específicos ..... 18

1.2. JUSTIFICACIÓN ..... 18

1.3. OBJETIVOS ..... 19

1.3.1. Objetivo general ..... 19

1.3.2. Objetivos específicos ..... 19

1.4. HIPÓTESIS ..... 20

1.4.1. Hipótesis del trabajo ..... 20

1.4.2. Hipótesis específico ..... 20

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES ..... 21

2.1.1. Central Majes solar 20T ..... 23

2.1.2. Central solar repartición 20T ..... 23

2.1.3. Central Tacna solar ..... 24



2.1.4.	Central panamericana solar.....	25
2.1.5.	Central solar Moquegua FV.....	25
2.1.6.	Central solar rubí (144,48 MW) .....	26
2.1.7.	Central solar intipampa (40 mw) .....	26
2.2.	MARCO REFERENCIAL .....	27
2.2.1.	Energía solar .....	27
2.2.1.1.	Origen .....	28
2.2.1.2.	Potencial energético.....	28
2.2.1.3.	Formas de aprovechamiento.....	30
2.2.1.4.	Reservas.....	30
2.2.2.	Radiación solar .....	30
2.2.2.1.	Tipos de radiación solar.....	31
2.2.3.	Tipos de célula solar .....	34
2.2.3.1.	Silicio monocristalino.....	34
2.2.3.2.	Silicio policristalino.....	34
2.2.3.3.	Silicio amorfo .....	34
2.2.4.	Componentes de un sistema fotovoltaico .....	35
2.2.4.1.	Panel fotovoltaico .....	35
2.2.4.2.	Regulador de carga .....	38
2.2.4.3.	Inversor.....	38
2.2.4.4.	Batería.....	38
2.2.4.5.	Protección eléctrica .....	39
2.2.4.6.	Conductores eléctricos.....	41
2.2.4.7.	Estructura de soporte .....	41
2.2.5.	Tipos de sistemas fotovoltaicos .....	41
2.2.6.	Impacto ambiental de emisiones de GEI .....	42
2.2.6.1.	Cambio climático.....	43
2.2.6.2.	Efectos de la explotación de las energías fósiles.....	43
2.2.6.3.	Lluvia ácida .....	44
2.2.6.4.	La capa de ozono .....	44
2.2.6.5.	El efecto invernadero.....	44
2.2.7.	Gases de efecto invernadero .....	45
2.2.7.1.	Dióxido de carbono .....	46
2.2.7.2.	Metano.....	47



2.2.7.3.	Óxido nitroso .....	48
2.2.7.4.	Gases fluorados .....	48
2.2.7.5.	Alcance .....	48
2.2.7.6.	Factores de emisión .....	50
2.2.8.	Normativas de referencia .....	52

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1.	CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS.....	54
3.1.1.	Ubicación .....	54
3.1.2.	Altura .....	55
3.1.3.	Limites .....	55
3.1.4.	Extensión .....	56
3.1.5.	Topografía.....	56
3.1.6.	Hidrografía.....	56
3.1.7.	Clima.....	56
3.1.8.	Fauna.....	57
3.1.9.	Flora.....	57
3.1.10.	Vías de comunicación .....	57
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS .....	58
3.3.	METODOLOGÍA DE CALCULO .....	58
3.3.1.	Radiación solar según atlas solar global .....	58
3.3.2.	Radiación solar según atlas de energía solar del Perú .....	60
3.3.3.	Cálculo de factores de emisión .....	61

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	IDENTIFICACIÓN DE CENTRALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL SEIN	63
4.2.	DETERMINACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR .....	63
4.2.1.	Radiación con solarius pv v.bim(c). .....	63
4.3.	POTENCIA INSTALADA Y ENERGÍA GENERADA .....	69
4.3.1.	Potencia instalada CP Sora .....	69
4.3.2.	Potencia instalada planta fv .....	70



4.3.3.	Elección del panel fotovoltaico.....	70
4.3.4.	Energía generada.....	72
4.4.	IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE EMISIÓN DE GEI.....	73
4.4.1.	Identificación de GEI.....	74
4.4.1.1.	GEI en el sector energía .....	74
4.4.2.	Cuantificación de emisiones de CO2 central FV .....	75
4.4.2.1.	Emisiones CO2 en enero .....	75
4.4.2.2.	Emisiones CO2 en febrero.....	75
4.4.2.3.	Emisiones CO2 en marzo .....	76
4.4.2.4.	Emisiones CO2 en abril.....	76
4.4.2.5.	Emisiones CO2 en mayo .....	76
4.4.2.6.	Emisiones CO2 en junio .....	76
4.4.2.7.	Emisiones CO2 en julio.....	77
4.4.2.8.	Emisiones CO2 En Agosto .....	77
4.4.2.9.	Emisiones CO2 en septiembre.....	77
4.4.2.10.	Emisiones CO2 en octubre .....	77
4.4.2.11.	Emisiones CO2 en noviembre .....	77
4.4.2.12.	Emisiones CO2 en diciembre .....	78
4.4.3.	Cuantificación de emisiones de CP Sora .....	79
4.4.3.1.	Emisiones en enero.....	79
4.4.3.2.	Emisiones en febrero .....	79
4.4.3.3.	Emisiones en marzo.....	80
4.4.3.4.	Emisiones en abril .....	80
4.4.3.5.	Emisiones en mayo.....	80
4.4.3.6.	Emisiones en junio .....	81
4.4.3.7.	Emisiones en julio .....	81
4.4.3.8.	Emisiones en agosto .....	81
4.4.3.9.	Emisiones en setiembre .....	81
4.4.3.10.	Emisiones en octubre.....	82
4.4.3.11.	Emisiones en noviembre.....	82
4.4.3.12.	Emisiones en diciembre.....	82
4.5.	EMISIONES DE CO2 POR CENTRALES ELÉCTRICAS DEL SEIN .....	83
4.4.1.	Emisión de CO2 de centrales térmicas (a carbón).....	84
4.4.2.	Emisión de CO2 de centrales térmicas (a petróleo).....	84



4.4.3.	Emisión de CO <sub>2</sub> de centrales térmicas de ciclo combinado (gas natural)	84
4.4.4.	Emisión de CO <sub>2</sub> de central térmica convencional (gas natural).....	85
4.4.5.	Emisión de CO <sub>2</sub> de central térmica (a biogás) .....	85
4.4.6.	Emisión de CO <sub>2</sub> de central térmica (a biomasa) .....	86
4.4.7.	Emisión de CO <sub>2</sub> de central eólico (1-3 MW).....	86
4.4.8.	Emisión de CO <sub>2</sub> por central eólico (menor a 1 MW).....	86
4.4.9.	Emisión de CO <sub>2</sub> por central hidráulico (menor a 20 MW) .....	87
4.6.	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EVITADAS .....	88
4.6.1.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas (a carbón) .....	89
4.6.2.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas (a petróleo) .....	89
4.6.3.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas de ciclo combinado (gas natural)	89
4.6.4.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas del SEIN.....	90
4.6.5.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de central térmicas convencionales (gas natural)	90
4.6.6.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas (a biogás).....	91
4.6.7.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas (a biomasa) .....	91
4.6.8.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de centrales eólicos (1-3 MW, en tierra) .....	91
4.6.9.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de centrales eólicos (menor a 1 MW), en tierra	92
4.6.10.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas de centrales hidráulicos (menor a 20 MW)	92
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>102</b>
Anexo N° 1:	Mapa de centrales con RER no convencionales .....	102
Anexo N° 2:	limites departamentales.....	103
Anexo N° 3:	Límites provinciales.....	104
Anexo N° 4:	Radiación solar promedio anual del Perú .....	105
Anexo N° 5:	factores de conversión para unidades energéticas comunes de OLADE .....	106
Anexo N° 6:	Producción mensual de energía por meses .....	106
Anexo N° 7:	DISPOSICIÓN Y POSICIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS .....	111



Anexo N° 8: catalogo SunDay energy .....	112
Anexo N° 8: Participación de tecnologías y fuentes en la potencia instalada mercado eléctrico.....	114
Anexo N° 9: Centrales Electricas SEIN .....	115
Anexo N° 9: diagrama unifilar central fotovoltaica.....	117

**Área : Energías renovables**

**Tema : Emisión de GEI**

**Fecha de sustentación:** 20 de enero de 2021



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de la producción de centrales solares.....	22
Figura 2: diagrama unifilar Central majes solar 20T.....	23
Figura 3: Diagrama unifilar Central Solar Repartición 20T.....	24
Figura 4: diagrama unifilar Central Tacna Solar.....	24
Figura 5: Diagrama unifilar Central Panamericana Solar.....	25
Figura 6: diagrama unifilar Central Solar Moquegua FV.....	25
Figura 7: diagrama unifilar central solar Rubí (144,48 MW).....	26
Figura 8: Diagrama unifilar Central Solar Intipampa (40 MW).....	27
Figura 9: Radiación solar horizontal del Perú.....	29
Figura 10: Espectro electromagnético de la radiación solar extra-atmosférica y en la superficie terrestre.....	31
Figura 11: Tipos de radiación sobre una superficie.....	32
Figura 12: Componentes de la radiación solar.....	33
Figura 13: Componentes de un SFV.....	35
Figura 14: Característica i-u y p-u de una célula solar.....	36
Figura 15: Estructura básica de una célula solar.....	37
Figura 16: Tiempo reacción de un interruptor termo- magnético (ITM) vs corriente... 40	
Figura 17: Efecto invernadero.....	45
Figura 18 : Vista satelital de la Provincia de Melgar.....	54
Figura 19: vista aérea de la zona de proyecto.....	55
Figura 20: potencial de energía fotovoltaica del Perú.....	59
Figura 21: Radiación solar en la región Puno según ATLAS de Energía Solar del Perú. .....	60
Figura 22: pestaña de acceso a Programa Solarius PV v.BIM2(c).....	64
Figura 23: distancia de la zona de proyecto al distrito de Ayaviri.....	64



Figura 24: creación de la base de datos para el proyecto.....	65
Figura 25: ubicación satelital de la zona del proyecto.....	66
Figura 26: cálculo de valores de la radiación diaria mensual. ....	66
Figura 27: radiación horizontal diaria mensual .....	67
Figura 28: Radiación diaria media mensual .....	68
Figura 29: diagrama solar de la zona de proyecto. ....	69
Figura 30: Generación de energía eléctrica media mensual .....	73



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales gases de efecto invernadero y su potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años. ....	46
Tabla 2: Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias energéticas .....	51
Tabla 3: coordenadas UTM de la zona de proyecto .....	55
Tabla 4: Condiciones climatologicas de la zona del proyecto .....	57
Tabla 5: Emisiones de kg CO <sub>2</sub> eq/kWh generados por cada uno de los tipos de generación eléctrica en el Perú.....	62
Tabla 6: valores de irradiación media diaria mensual, mensual, y anual. ....	67
Tabla 7: Potencia instalada CP Sora .....	69
Tabla 8: disposición de los módulos e inversores del generador fotovoltaico .....	70
Tabla 9: características técnicas de operación de paneles Solar .....	71
Tabla 10 factores de Emisiones en kg CO <sub>2</sub> eq/kWh generados por cada uno de los tipos de generación eléctrica en el Perú. ....	74
Tabla 11: Emisión mensual de CO <sub>2</sub> de un sistema de generación fotovoltaico en kg CO <sub>2</sub> /kWh.....	78
Tabla 12: emisiones generadas en el centro poblado de sora .....	83
Tabla 13: emisión de dióxido de carbono en kg CO <sub>2</sub> /año.....	87
Tabla 14: Cuadro comparativo de: emisiones evitadas de la central fotovoltaica frente a las centrales eléctricas del SEIN en kg de CO <sub>2</sub> /kWh al año. ....	93



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Bls	: Barril o barriles, unidad de volumen que equivale a 35 galones
BNE	: Balance Nacional de Energía
BZ	: Bagazo
CA	: Carbón
CH <sub>4</sub>	: Metano
CIU	: Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas, Rev.3.1  (la versión 3.1 es compatible con las GL2006. Consultar códigos en: <a href="http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=17&amp;Top=2&amp;Lg=3">http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=17&amp;Top=2&amp;Lg=3</a> )
CO <sub>2</sub>	: Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> e	: Dióxido de carbono equivalente
cm <sup>3</sup>	: Centímetro cúbico
D2	: Diésel 2
DB2	: Biodiésel 2
DB5	: Biodiésel 5
FE	: Factor de Emisión
g	: gramo
gal	: Galón Líquido
GEI	: Gases de Efecto Invernadero
GL 2006	: Directrices IPCC del 2006
GLP	: Gas Licuado de Petróleo
GN	: Gas Natural
INGEI	: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
Kg	: Kilogramo
L	: Litro



m <sup>3</sup>	: Metros Cúbicos
MINEM	: Ministerio de Energía y Minas
MPC	: Miles de pies cúbicos
N <sub>2</sub> O	: Óxido Nitroso
SEIN	: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (red de electricidad pública peruana)
SA	: Sistema Aislado (agrupa a empresas que generan electricidad para uso propio y para venta como electricidad pública)
TJ	: Terajulio
VCN	: Valor Calorífico Neto
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio



## RESUMEN

Este proyecto de investigación se realizó en el centro poblado de Sora, distrito de Umachiri, ubicada al oeste de la provincia de Melgar, ubicado con coordenadas X: 305349, Y: 8349872, el objetivo de la presente investigación es contribuir a la producción de electricidad a partir de una fuentes de energía renovables y determinar las emisiones de dióxido de carbono emitidos y evitados con la generación de energía eléctrica con paneles solares de silicio Monocristalino, para determinar la radiación solar y la energía generada en sitio de estudio se hizo con el uso del software Solarius PV v.BIM 2(c), Google Earth Pro, atlas global mundial, Atlas Solar del Perú. La metodología utilizada para el procesamiento y determinación de las emisiones de dióxido de carbono, Se basa en el guía de elaboración del reporte anual de gases de efecto invernadero dados por el ministerio del ambiente y Directrices del IPCC. Con esta información hemos podido comprobar que la zona de proyecto tiene como promedio anual una irradiación solar diaria mensual sobre superficie horizontal de 5,83 kWh/m<sup>2</sup> en el mes de junio y 7.65 kWh/m<sup>2</sup> en el mes de noviembre y una radiación anual de 2 438.26 kWh/m<sup>2</sup>, la energía generada anual es de 1 901 849.96 kWh resultante de la instalación de 1 852 módulos en una superficie de 10 593.44 m<sup>2</sup>; estos datos nos indican que es viable la instalación de una planta fotovoltaica en nuestra región de Puno. Además, la instalación fotovoltaica nos permite evitar emisiones de dióxido de carbono hacia el medio ambiente de manera sustancial, siendo la reducción de estos gases de efecto invernadero en 14,128.54 kg de CO<sub>2</sub> por año para el consumo de energía eléctrica del Centro poblado de sora, 2,409,643.90 kg de CO<sub>2</sub> por año es producida por centrales termoeléctricas a carbón, para centrales termoeléctricas a petróleo la reducción de emisiones es de 2,295,532.90 kg de CO<sub>2</sub> por año y para las centrales termoeléctricas de ciclo combinado a gas natural las emisiones evitadas es de 1,278,043.17 kg de CO<sub>2</sub> por año, ya que el 56,9% de la electricidad en el Perú es producida a través de centrales térmicas que se basa en el uso de combustibles fósiles como carbón, petróleo, gas natural.

**Palabras Clave:** RER, Radiación Solar, celdas solares, Silicio monocristalino, GE



## ABSTRACT

This research project was carried out in the town of Sora, district of Umachiri, located west of the province of Melgar, located with coordinates X: 305349, Y: 8349872, the objective of this research is to contribute to the production of electricity from renewable energy sources and to determine the emissions of carbon dioxide emitted and avoided with the generation of electrical energy with solar panels of Monocrystalline silicon, to determine the solar radiation and the energy generated in the study site was done with the use of Solarius PV software v. BIM 2 (c), Google Earth Pro, world global atlas, Solar Atlas of Peru. The methodology used for the processing and determination of carbon dioxide emissions is based on the guide for preparing the annual greenhouse gas report given by the Ministry of the Environment and the IPCC Guidelines. With this information we have been able to verify that the project area has an annual average monthly daily solar irradiation on horizontal surface of 5.83 kWh / m<sup>2</sup> in the month of June and 7.65 kWh / m<sup>2</sup> in the month of November and an annual radiation of 2 438.26 kWh / m<sup>2</sup>, the energy generated annually is 1 901 849.96 kWh resulting from the installation of 1 852 modules on a surface area of 10 593.44 m<sup>2</sup>; These data indicate that the installation of a photovoltaic plant in our Puno region is viable. In addition, the photovoltaic installation allows us to substantially avoid carbon dioxide emissions to the environment, reducing these greenhouse gases by 14,128.54 kg of CO<sub>2</sub> per year for the consumption of electricity in the town of Sora, 2,409,643.90 kg of CO<sub>2</sub> per year is produced by coal-fired thermoelectric plants, for oil-fired thermoelectric plants the reduction in emissions is 2,295,532.90 kg of CO<sub>2</sub> per year and for natural gas combined cycle thermoelectric plants the emissions avoided is 1,278,043.17 kg of CO<sub>2</sub> per year, since 56.9% of electricity in Peru is produced through thermal power plants that is based on the use of fossil fuels such as coal, oil, natural gas.

**Keywords:** RER, Solar radiation, solar cells, monocrystalline silicon, GEI



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

La producción y el aprovechamiento de las energías a partir de la radiación solar con paneles fotovoltaicos en el mundo, es algo que cada vez está tomando más fuerza frente a la problemática del calentamiento global, la contaminación ambiental, la mayor demanda de energía y las crisis económicas que atraviesan los países, El abastecimiento de energía eléctrica se torna indispensable para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y para la modernización de la economía. La alternativa es brindar suministro de energía eléctrica a partir de fuentes renovables a dichas poblaciones, evitando la generación de gases de efecto invernadero.

La utilización combustibles fósiles y nucleares a gran escala en la actualidad, es una de las principales fuentes de energía; de lo que se conoce como una sociedad industrializada. Sin embargo el impacto ambiental que ocasiona el uso y transformación de las distintas fuentes de energía convencionales son el causa del calentamiento global de la tierra, impactando en la capa de ozono, producen lluvias ácidas, la desertificación, el almacenaje de los residuos radiactivos, etc., todos estos impactos en la naturaleza han propiciado que gobiernos de nuestras sociedades industrializadas tomen conciencia emitiendo leyes en el sector energético cada vez con más restricciones en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero, junto con ello nace la idea de poder controlar las emisiones y mitigar los daños ocasionados, y una forma de poder lograr esto es mediante el uso de nuevas fuentes de energía; conocido como energías renovables, llamándose a estas iniciativas como mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

La preocupación por el medio ambiente es un asunto que va incrementando de manera global debido al alto grado de impacto que causa el ser humano al medio ambiente en el mundo como en el Perú, una de las energías que ha logrado un mayor desarrollo, es la energía solar. En el Perú se cuenta con las condiciones climatológicas ideales para la generación de energía eléctrica a través del recurso solar, es por ello que se ha puesto mayor énfasis en el desarrollo de nuevos proyectos que utilicen esta tecnología. En ese sentido, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de una instalación fotovoltaica de 1.08 MW conectada a



red en el CP de Sora, distrito de Umachiri, Provincia de Melgar y departamento de Puno a 3829 m.s.n.m. y comparar dichas emisiones con las de las centrales eléctricas convencionales y no convencionales del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) para determinar la cantidad de GEI que se evitan al hacer uso de las energías generadas por fuentes renovables.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Problema general**

El cambio climático, es el problema ambiental más importante al que se está enfrentado el ser humano, el aumento de las prácticas consumistas de la sociedad actual y el desarrollo industrial han llevado a que se generen altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que contribuyen al calentamiento global del planeta.

El IPCC concluyó que las pruebas del cambio climático son inequívocas y que se debe en gran parte a la actividad humana, considera que el mundo va a registrar un aumento medio de la temperatura de aproximadamente 3°C, además el IPCC pronostica que el cambio climático tendrá un impacto potencial enorme, ya que se prevé falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a las inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor. En definitiva, el cambio climático no es un fenómeno sólo ambiental sino de profundas consecuencias económicas y sociales.

### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo analizar y determinar las emisiones de dióxido de carbono de una planta fotovoltaica conectada a red en el centro poblado de Sora, distrito de Umachiri, región Puno?
- ¿Cómo la implementación y uso de las energías alternativas en el Centro Poblado de Sora, Distrito de Umachiri, ¿Región Puno permite comparar y determinar las emisiones de dióxido de carbono evitadas hacia el medio ambiente?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En el presente trabajo de investigación se realiza con fines generar energías limpias utilizando sistemas fotovoltaicos y evitar la utilización de Energía Eléctrica convencional



proveniente de centrales que en su proceso de generación queman de combustibles extraídas de grandes profundidades dentro y fuera del mar o del lavado de arenas bituminosas, inundación de grandes extensiones de terreno usados como embalse que afectan a la flora y fauna silvestre, la reubicación de poblaciones enteras, emisión de GEI como Metano, CO<sub>2</sub>, CO entre otros gases que contribuyen al calentamiento global y afectan directamente a la sociedad.

Además la disminución en las precipitaciones pluviales anuales en las zonas alto andinas contribuye en los escasos de agua, afecta pequeñas y grandes centrales hidroeléctricas con embalses y sin ellas; que operan por debajo de su capacidad nominal, es por ello se plantea como una alternativa; generar energía eléctrica aprovechando la radiación solar disponible durante la mayor parte del año, ello conlleva a la diversificación de la matriz energética y contribuye en la eficiencia energética con el uso de recursos renovables y el menor impacto ambiental; Teniendo en cuenta que la región tiene radiación solar aprovechable de 5.5 a 6.0 kW-h/m<sup>2</sup> según el atlas de energía solar del peru-2003.

Además, es de gran importancia el aporte en contribuir al desarrollo energético de nuestra región con fuentes de energía renovable, ya que está inmerso dentro de nuestro campo ocupacional, entonces esta investigación será de gran importancia el aprovechamiento de la energía solar y así mismo evitar las emisiones de GEI.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar la reducción de gases de efecto invernadero con la implementación de celdas solares conectado a red para generación de energía en el CP Sora.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Analizar y Determinar las emisiones de dióxido de carbono de una planta fotovoltaica de 1 Megavatio de potencia instalada generada a través celdas solares.

Comparar y determinar las emisiones de dióxido de carbono evitadas hacia el medio ambiente al hacer uso de las energías renovables frente a las emisiones provenientes de



fuentes de generación de energía eléctrica pertenecientes al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. Hipótesis del trabajo**

Identificar y determinar las centrales eléctricas con mayor emisión de dióxido de carbono en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, y se propone la generación de energía a través de celdas solares conectada a red con el fin de reducir el uso de la energía proveniente de centrales tradicionales en el centro poblado de Sora.

Este proyecto Tiene por objetivo demostrar la disminución de emisiones de dióxido de carbono hacia el medio ambiente al optar por el uso de las energías renovables.

### **1.4.2. Hipótesis específico**

La generación de 1 Megavatio de energía eléctrica a través de celdas solares requiere para su implementación y funcionamiento de los siguientes factores: ubicación, radiación solar anual disponible, potencia de las Celdas de silicio, eficiencia de las celdas solares, la temperatura.

Comparar las emisiones de dióxido de carbono generada por la central fotovoltaica con las emisiones de las centrales de energía eléctrica que forman parte del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional con la potencia proyectada del proyecto.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

El Perú cuenta con niveles de radiación solar que hacen factible la implementación de parques solares para la producción de electricidad tanto para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) como para los sistemas aislados ubicados principalmente en zonas rurales, entre otras aplicaciones diferentes a la electricidad. (Ministerio de Energía y Minas, 2012)

Aunque no se ha estimado el potencial en términos de proyectos solares para generación eléctrica, se dispone de un Atlas Solar que contiene los registros de radiación solar promedio por rangos para cada mes del año, lo cual constituye una guía importante para los interesados en el desarrollo de proyectos solares. (Ministerio de Energía y Minas, 2012)

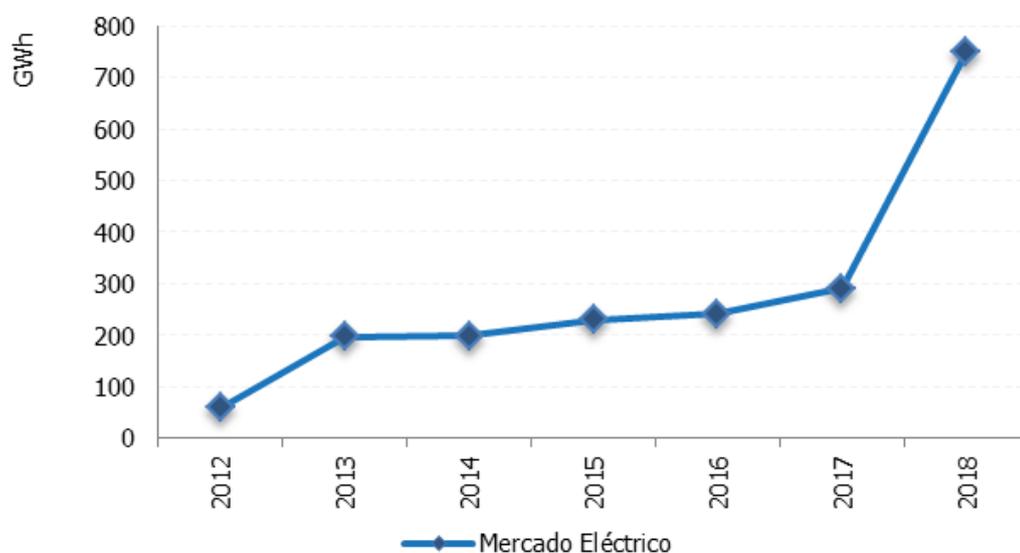
El compromiso con las energías renovables continuará de manera decidida en el país. En el ámbito eléctrico, más allá de las centrales de generación renovables convencionales (hidroeléctricas) que vienen operando en el país hace muchos años, se continuará con la promoción de las energías renovables no convencionales, entre ellos la energía eólica, solar, minihidros, etcétera. (Ministerio de Energía y Minas, 2014)

La modificación de la matriz energética, no solo en el Perú, sino también en el mundo es un componente de la mayor relevancia en los esfuerzos globales para combatir el cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, producidos por el uso de combustibles fósiles en la producción de energía. (Ministerio de Energía y Minas, 2014)

Si bien el Perú ha tenido una matriz de generación eléctrica relativamente limpia, recién desde 2008, con la aprobación del Decreto Legislativo N° 1002, las energías renovables no convencionales iniciaron su participación. Aunque es todavía inferior al 10%, el potencial de recursos renovables en nuestro país hace pensar que estas energías se incrementarán en los siguientes años. (Osinermin, 2019).

Frente a la crisis energética que se aproxima, se busca aprovechar el potencial fotovoltaico de la región Puno; para amortiguar la futura necesidad energética que se producirá por el descenso en la producción y encarecimiento de los hidrocarburos utilizados en las termoeléctricas del país (petróleo y gas) para la producción eléctrica. (Quispe Tecce, 2017)

En el año 2012 se inició el aprovechamiento de la radiación de sol para generar electricidad a nivel del mercado eléctrico (conectado al SEIN), con la entrada en operación de las centrales solares: C.S. Tacna Solar y C.S. Moquegua FV, de 20 MW y 16 MW de potencia instalada, respectivamente. Asimismo, en el año 2018 ingresó la C.S. Intipampa con 40 MW de capacidad instalada. Como resultado, a fines de dicho periodo, todas las centrales eléctricas solares del mercado eléctrico en operación son de tipo fotovoltaica y suman un total de 284,5 MW. (Ministerio de Energía y Minas, 2018, pág. 113)



**Figura 1: Evolución de la producción de centrales solares**

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2018, pág. 114)

En general, la producción de electricidad de esta tecnología para el mercado eléctrico creció en 158% respecto al año anterior, este alto incremento se debió al ingreso de las centrales C.S. Rubí e C.S. Intipampa. En ese sentido, del total producido, el 94% fue destinado al mercado eléctrico, mientras que el 6% restante fue para uso propio. Para esto último, se consideró la producción de electricidad de instalaciones particulares,

estimadas a partir del registro de importación de módulos PV mayores a 45 Wp. (Ministerio de Energía y Minas, 2018, pág. 114)

El Perú cuenta actualmente con siete centrales solares con tecnología fotovoltaica en las regiones de Arequipa (2), Moquegua (4) y Tacna (1). La central solar más grande del país es Rubí de Enel Green Power Perú, con una potencia instalada de 144.5 MW, e ingresó en operación comercial en enero de 2018. Además, registró una producción anual de 424.2 GWh en 2018, la cual representó el 57% de nuestra producción solar total. Según Enel, la central es capaz de generar 440 GWh anuales, equivalentes al consumo de 350 000 hogares peruanos, evitando así la emisión anual de más de 209 mil toneladas de CO<sub>2</sub>. (Osinermin, 2019), anexo 1.

### 2.1.1. Central Majes solar 20T

La central está constituida por 55 704 módulos fotovoltaicos de capa fina con potencias de 350, 370, 390 y 410 W, todos ellos fijos y orientados hacia el norte y con una inclinación de 15° sobre la horizontal.



**Figura 2: diagrama unifilar Central majes solar 20T**

Fuente: (Osinermin, 2020)

### 2.1.2. Central solar repartición 20T

La central está constituida por 55 704 módulos fotovoltaicos de capa fina con potencias de 350, 370, 390 y 410 W, todos ellos fijos y orientados hacia el norte y con una inclinación de 15° sobre la horizontal.



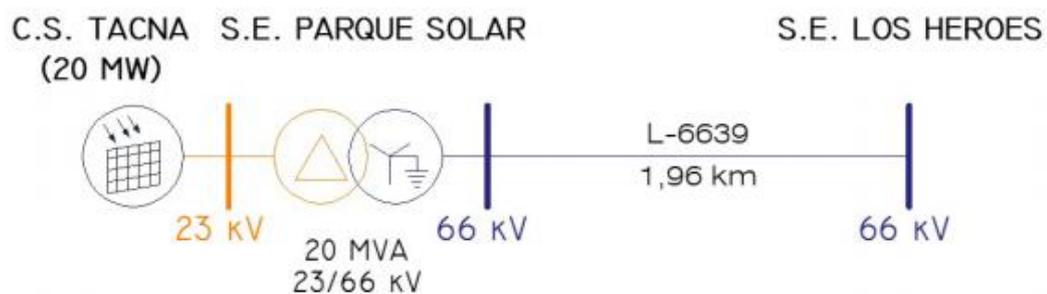
**Figura 3: Diagrama unifilar Central Solar Repartición 20T**

Fuente: (Osinermin, 2020)

La Planta Solar Fotovoltaica tiene por objetivo generar electricidad que sirva para adecuar el suministro a las demandas domésticas y del empresariado peruano. Para tal efecto, se utilizarán paneles fotovoltaicos que capturarán la luz del sol y la transformarán en electricidad, la que será inyectada al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional por intermedio de la subestación Repartición. (Ministerio de Energía y Minas, 2020)

### 2.1.3. Central Tacna solar

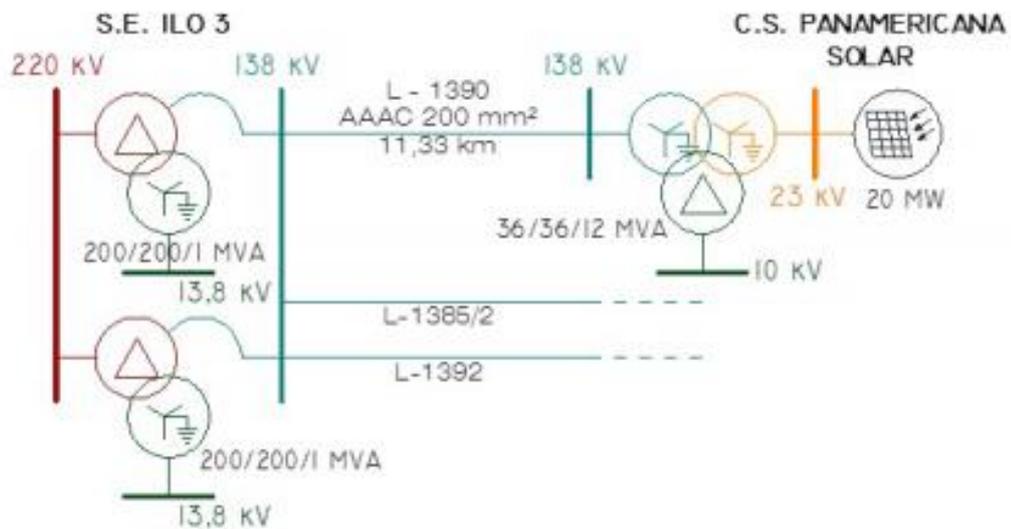
La central está constituida por 74 988 módulos fotovoltaicos de 290 W pico c/u, todos ellos de estructura metálica en acero galvanizado. La Central está equipada con 182 sistemas de seguimiento solar.



**Figura 4: diagrama unifilar Central Tacna Solar**

Fuente: (Osinermin, 2020)

### 2.1.4. Central panamericana solar



**Figura 5: Diagrama unifilar Central Panamericana Solar**

Fuente: (Osinermin, 2020)

La central está constituida por 72 000 módulos fotovoltaicos de 290 W pico c/u, todos ellos de estructura metálica en acero galvanizado. La estructura está anclada sobre pilotes circulares de hormigón. La central está equipada con 174 sistemas de seguimiento solar.

### 2.1.5. Central solar Moquegua FV



**Figura 6: diagrama unifilar Central Solar Moquegua FV**

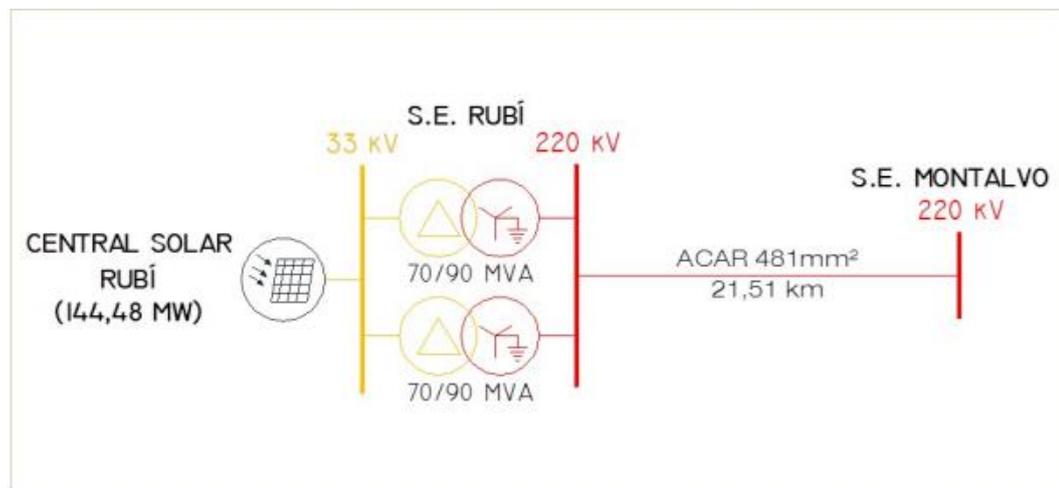
(Osinermin, 2020)

La central está constituida por módulos fotovoltaicos de 280 W pico c/u, instalados sobre estructuras metálicas en acero galvanizado. La estructura está anclada sobre pilotes circulares de hormigón. La central está equipada con sistemas de seguimiento solar.

### 2.1.6. Central solar rubí (144,48 MW)

La Central Solar Rubí contribuye a diversificar la matriz energética del país y a fortalecer la generación local en el sur, incrementando en 12% la producción de electricidad con energías renovables en la Región Sur (Hidroeléctricas y Solares). Genera 440 GWh anuales, equivalentes al consumo de más de 350 000 hogares peruanos con energía renovable. (Enel, 2020)

Con su puesta en marcha evitamos la emisión anual de más de 209 mil toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que a su vez sirve para contribuir con el cumplimiento de la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés) asumida por Perú en la COP 21. (Enel, 2020)

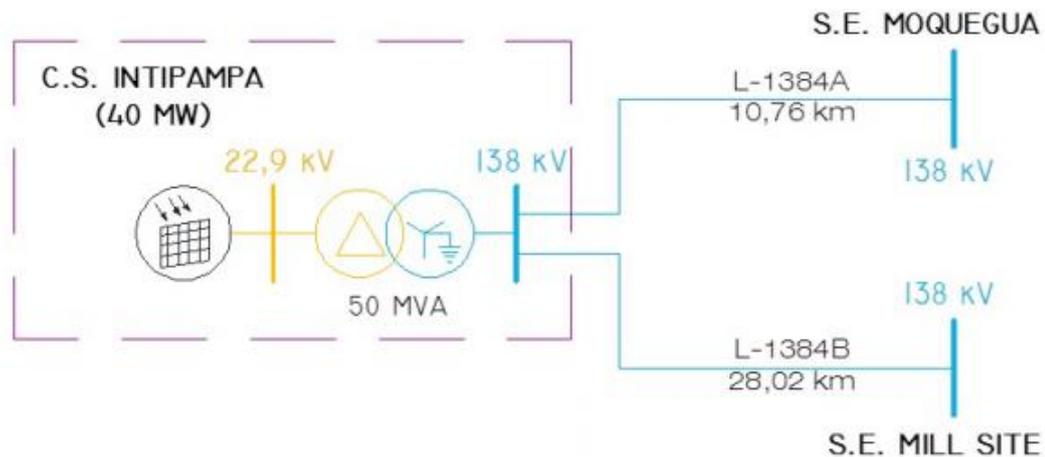


**Figura 7: diagrama unifilar central solar Rubí (144,48 MW)**

Fuente: (Osinermin, 2020)

### 2.1.7. Central solar intipampa (40 mw)

Ubicada en Pampa Lagunas en Moquegua y sobre un área de 322 hectáreas, Intipampa, la primera central solar de ENGIE en el Perú, está provista de 138,120 paneles fotovoltaicos y aporta 122 GWh al año al SEIN. (Engie, 2020)



**Figura 8: Diagrama unifilar Central Solar Intipampa (40 MW)**

Fuente: (Osinermin, 2020)

La central tiene una capacidad de 40 MW, que se obtiene mediante la instalación de 138 120 módulos fotovoltaicos de 320 W. La conexión al SEIN se realiza a través de una derivación tipo "PI" de la L.T. 138 kV S.E. Moquegua - S.E. Mill Site. (Osinermin, 2020)

El calentamiento global ha impuesto un reto al planeta: emprender acciones para mitigar los efectos de este fenómeno que impacta en menor o mayor medida a todos los países. Por ese motivo, muchas economías han iniciado un proceso de descarbonización que incluye, entre otros, el cierre de centrales de generación eléctrica basadas en carbón o diésel, y la construcción de centrales basadas en recursos energéticos renovables. Como veremos en este capítulo, la transición tecnológica se ha traducido en una mayor penetración de la energía producida con RER en el mundo, y una disminución en el costo de la energía, pues la mayor investigación en este ámbito ha permitido que sean más rentables y eficientes. (Osinermin, 2019)

## 2.2. MARCO REFERENCIAL

### 2.2.1. Energía solar

La energía solar es una de las fuentes de la vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía. (Osinermin, 2020)



Energía producida por el sol, aprovechada principalmente para la generación de electricidad en centrales fotovoltaicas y termosolares. También se puede aprovechar directamente en los sectores de consumo final para calentamiento de agua (a través de colectores solares) y secado de granos. (García, Yujato, & Arenas, 2017)

La región latinoamericana es abundante en potencial de energías renovables y se constituye actualmente como la región del planeta con mayor participación de las fuentes convencionales. Su evolución en el tiempo ha registrado niveles de participación de más de 90% en la producción de electricidad en años anteriores, según se explica en el siguiente gráfico: (Ministerio de Energía y Minas, 2014)

La generación eléctrica a partir de plantas fotovoltaicas podría cubrir aquellas otras que usan en su proceso de producción el petróleo y el gas; de tal manera que estos recursos se liberan para cubrir las necesidades que aún no satisfacen. Como es el caso del gas en el país; el 73% es destinado para la generación de electricidad, 10% al transporte, 14% al sector industrial y apenas 2% al sector residencial y comercial. (Quispe Tecce, 2017)

Es una energía limpia, libre de contaminación; no produce ruido, ni emisiones nocivas o gases contaminantes. Otro tipo de combustibles pueden contaminar el aire, el agua, causar lluvia ácida, incrementar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Solo se utiliza el sol como combustible, con lo cual no contamina y contribuye activamente a reducir el calentamiento global. Además, los módulos fotovoltaicos pueden ser reciclados. Esto significa que los materiales utilizados en su proceso de producción (silicio, vidrio, aluminio, etc.) pueden ser reutilizados. (Quispe Tecce, 2017)

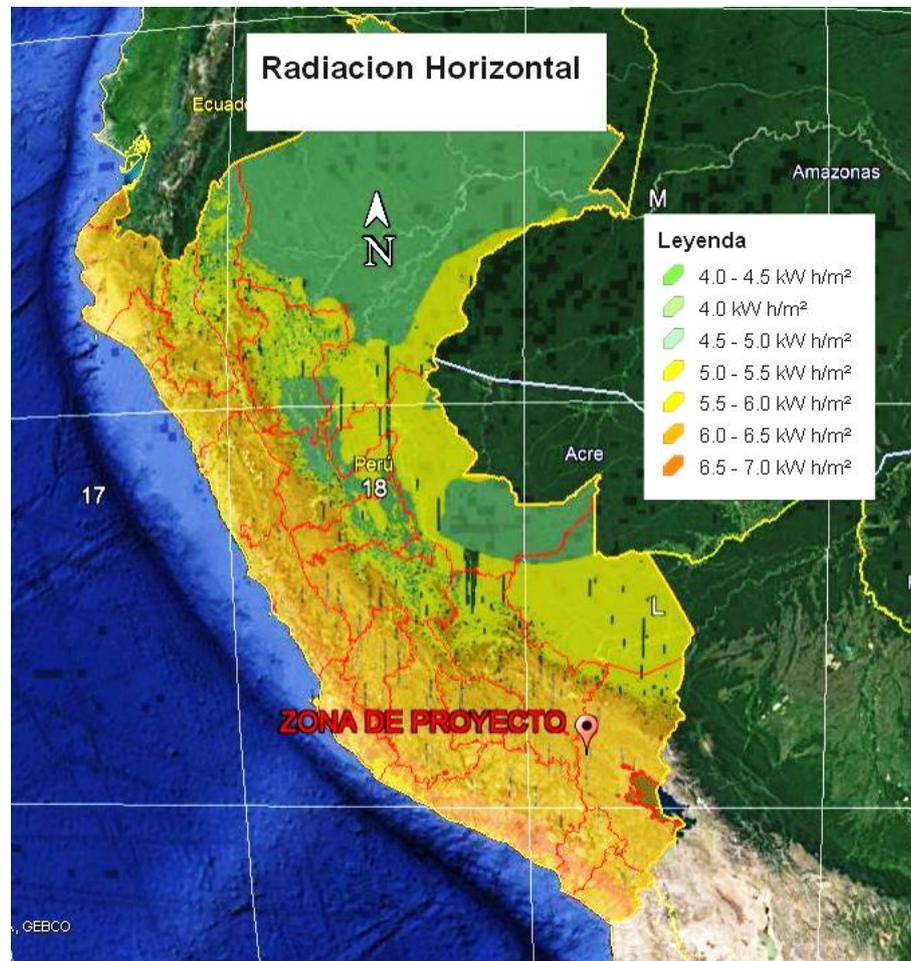
#### **2.2.1.1. Origen**

Es la energía radiante procedente del Sol y que llega a la superficie de la Tierra (infrarrojo, luz visible y ultravioleta). (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

#### **2.2.1.2. Potencial energético**

Es variable, en función de la hora del día, época del año y situación atmosférica: día - noche, estación del año (altura del sol sobre el horizonte), nubes, nieblas, smog, calimas, etc.

En teoría, la radiación media incidente por  $m^2$  fuera de la atmósfera es de  $1,4kW/m^2$ . En la práctica y en una zona como Canarias, la energía solar anual, por  $m^2$ , es aproximadamente de  $2,000kWh/m^2$  (con un promedio de 3.000 h. de insolación, equivalente a  $4.200.000 kJ/ m^2$  año o  $1.711.488 kcal/ m^2$  año o  $478,5 kcal/ m^2$  día).



**Figura 9: Radiación solar horizontal del Perú**

Elaboración propia

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio nacional; tal como se muestra en mapa y tablas siguientes los niveles de radiación e intervalo del mismo. Sin embargo, no se ha estimado el potencial en términos de capacidad de proyectos solares para generación eléctrica, el Atlas Solar sólo contiene registros de rangos promedio de radiación solar para cada mes del año. (Ministerio de Energía y Minas, 2014)

El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica se realiza a través de la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica mediante el llamado efecto



fotovoltaico. Esta transformación se lleva a cabo mediante “células solares” que están fabricadas con materiales semiconductores (por ejemplo, silicio) que generan electricidad cuando incide sobre ellos la radiación solar. (Caja Madrid obra social, 2006)

### **2.2.1.3. Formas de aprovechamiento**

Los métodos de aprovechamiento pueden englobarse en dos grandes grupos: térmicos y fotovoltaicos.

Los primeros transforman la energía solar en energía térmica (calentando aire, agua u otras sustancias). Los segundos transforman la energía solar en energía eléctrica, aprovechando el efecto fotovoltaico, en las denominadas «células solares» o «fotovoltaicas». (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

### **2.2.1.4. Reservas**

La energía total que llega a la Tierra procedente del Sol es de 1.559.280 TWh en un año, de los cuales alrededor de un 1% podrían ser utilizables.

La potencia solar aprovechable en la Tierra supera los 1.000 TW. En teoría, si todos los tejados de las viviendas en España se utilizasen para captar la energía del sol, se alcanzarían los 180 TWh, superior al consumo total en todas ellas.

Aun cuando la energía solar se distribuye por todo el planeta, es superior en las zonas ecuatoriales y tropicales (banda +/-35° alrededor del ecuador) e inferior en las zonas polares.

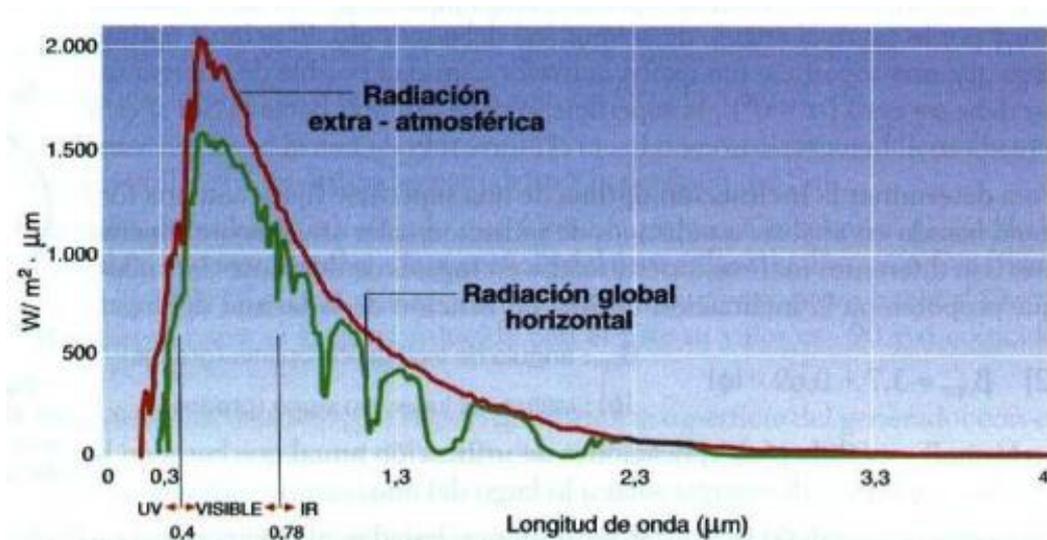
Además, depende mucho de las condiciones climatológicas (nubes). El suroeste de Estados Unidos, el Sahara y Arabia Saudita, Atacama en Chile y el centro de Australia son las zonas de mayor potencial. (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

## **2.2.2. Radiación solar**

El Sol genera energía mediante reacciones nucleares de fusión que se producen en su núcleo. Esta energía recibe el nombre de radiación solar, se transmite en forma de radiación electromagnética y alcanza la atmósfera terrestre en forma de con junco de

radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van de  $0,15 \mu\text{m}$  a  $4 \mu\text{m}$  aproximadamente

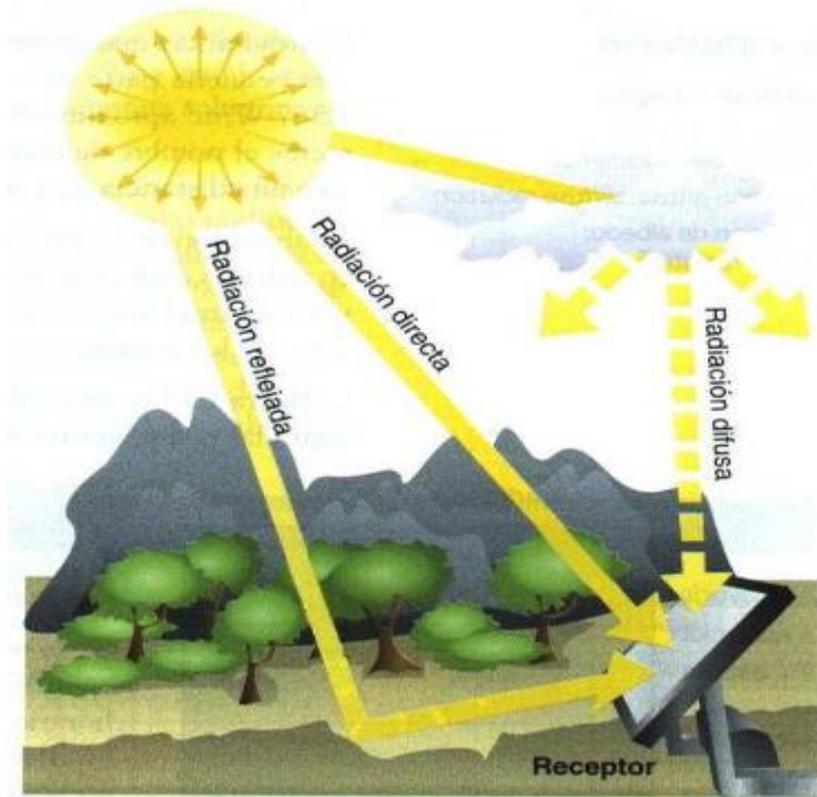
La parte del espectro que va de  $0,40 \mu\text{m}$  a  $0,78 \mu\text{m}$ , forma el espectro visible que denominamos comúnmente luz. El resto del espectro, que no es visible, lo forman las radiaciones con longitudes de onda inferiores a  $0,4 \mu\text{m}$ , denominadas radiaciones ultravioletas (UV) y con longitudes superiores a  $0,75 \mu\text{m}$  denominadas radiaciones infrarrojas (IR). (Castejón & Santamaría, 2010)



**Figura 10: Espectro electromagnético de la radiación solar extra-atmosférica y en la superficie terrestre**

Fuente: (Castejón & Santamaría, 2010)

### 2.2.2.1. Tipos de radiación solar



**Figura 11: Tipos de radiación sobre una superficie**

Fuente: (Castejón & Santamaría, 2010)

La radiación solar sobre la superficie terrestre tiene variaciones temporales, siendo unas como la aleatorias, nubosidad, y otras previsible, como son los cambios estacionales o el día y la noche, provocadas por los movimientos de la Tierra. (Castejón & Santamaría, 2010)

### **Radiación directa**

La forman los rayos recibidos directamente del Sol. (Castejón & Santamaría, 2010)

Es la radiación que incide sobre los objetivos iluminados por el sol sin haber interactuado con nada y sin cambiar de dirección (es la más importante en un día soleado) (Figura 12). (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)



**Figura 12: Componentes de la radiación solar.**

Fuente: (Alonso Lorenzo, 2020)

### **Radiación difusa**

Procedente de toda la bóveda del cielo, excluyendo el disco solar, la forman los rayos dispersados por la atmósfera en dirección al receptor (por ejemplo, en un día completamente nublado toda la radiación recibida es difusa). (Castejón & Santamaría, 2010)

Es una radiación que incide indirectamente, como reflejo de la radiación solar que es absorbida por el polvo y el aire (es la radiación típica de los días nublados). La difusión se produce al desviarse los rayos solares, debido a las partículas sólidas y las moléculas, como el vapor de agua, que existen en la atmósfera. (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

### **Radiación reflejada o de albedo**

La suma de todas las radiaciones descritas recibe el nombre de radiación global que es la radiación solar total que recibe la superficie de un receptor y por lo tanto la que nos interesa conocer y cuantificar. (Castejón & Santamaría, 2010)

Radiación reflejada o albedo: Es la radiación procedente de la reflexión de la radiación directa en los elementos del entorno (es importante cerca del mar y de las zonas con nieve). (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)



Reflejada por la superficie terrestre hacia el receptor. Depende directamente de la naturaleza de las montañas, lagos, edificios, etc. que rodean al receptor.

### **2.2.3. Tipos de célula solar**

#### **2.2.3.1. Silicio monocristalino**

Estructura cristalina uniforme. Se fabrica en lingotes cilíndricos de gran pureza que se cortan en obleas. Se gasta mucha energía en su construcción. Es el primer material en utilizarse industrialmente. (Castejón & Santamaría, 2010)

#### **Ventajas**

Buen rendimiento entre 16 – 18%, buena relación potencia 170Wp/m<sup>2</sup> – superficie lo que ahorra espacio en caso necesario. (Salvador Escoda S.A., 2017)

#### **Inconvenientes**

Coste elevado (Salvador Escoda S.A., 2017)

#### **2.2.3.2. Silicio policristalino**

Estructura cristalina no uniforme. Se fábrica en moldes rectangulares. Menor coste que el silicio monocristalino. (Castejón & Santamaría, 2010)

#### **Ventajas**

Eficiencia de conversión óptima 160Wp/m<sup>2</sup>, rendimiento menor al 16%. (Salvador Escoda S.A., 2017)

#### **Inconvenientes**

Bajo rendimiento en condiciones de iluminancia baja. (Salvador Escoda S.A., 2017)

#### **2.2.3.3. Silicio amorfo**

Estructura no cristalina. Su potencia se degrada con el tiempo de utilización. Se puede depositar como una capa muy fina en muchos tipos de soportes, incluso flexibles. Bajo coste de fabricación. (Castejón & Santamaría, 2010)

## Ventajas

Funciona con una luz difusa (incluso en días nublados). (Salvador Escoda S.A., 2017)

## Inconvenientes

Rendimiento entorno al 10 %. (Salvador Escoda S.A., 2017)

### 2.2.4. Componentes de un sistema fotovoltaico

Un sistema FV consiste de un panel FV o módulo, una unidad de control, una batería de almacenamiento, carga eléctrica y sistemas de protección. (Molina, 2020)

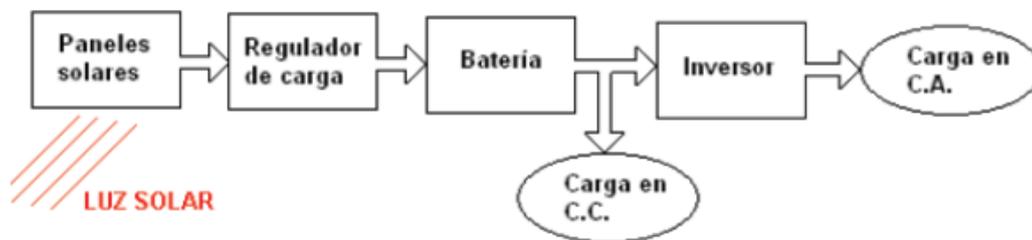


Figura 13: Componentes de un SFV

Fuente: (Molina, 2020)

#### 2.2.4.1. Panel fotovoltaico

##### Efecto fotovoltaico

Las células solares se fabrican con semiconductores. Los semiconductores son elementos sólidos que tienen una conductividad eléctrica inferior a la de un conductor metálico pero superior a la de un buen aislante. El semiconductor más utilizado es el silicio. (Castejón & Santamaría, 2010)

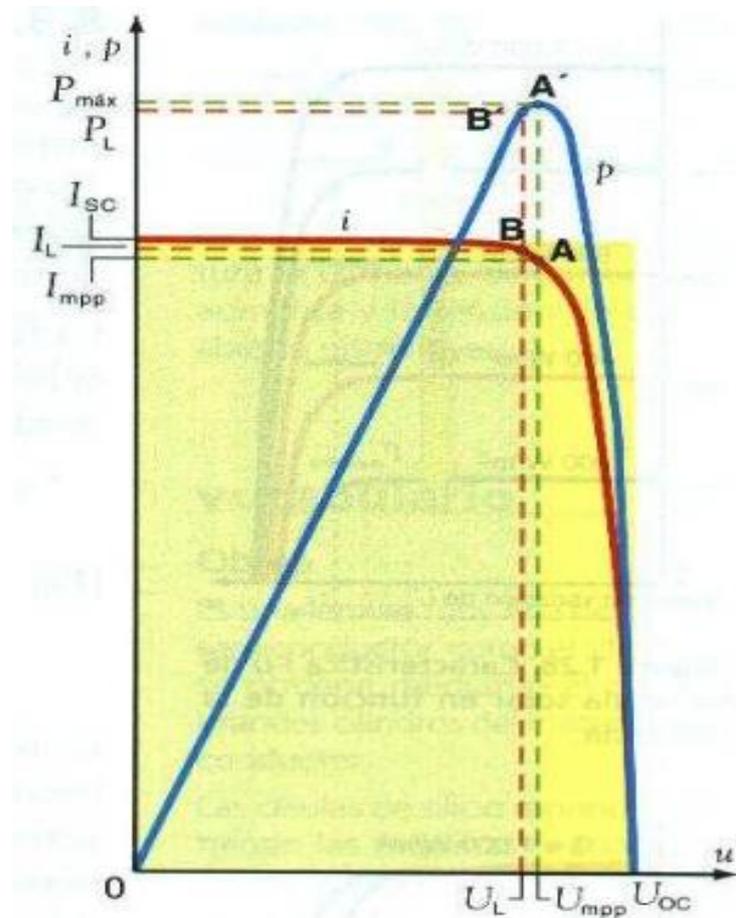
##### Célula fotovoltaica

Las células fotovoltaicas son aquellos dispositivos capaces de convertir, de forma inmediata y directa, la radiación luminosa en electricidad. (Dominguez, 2008)

##### Parámetros característicos

La figura 14 representa las características i-u y p-u de una célula solar con irradiancia y temperatura constantes. Sobre la característica i-u se sitúa el punto de trabajo

de la célula, por ejemplo, el punto B, donde la corriente aportada por la célula JL y la resistencia R del receptor, fijan el valor de la tensión  $U_L$ , de acuerdo con la ley de Ohm. (Castejón & Santamaría, 2010)



**Figura 14: Característica i-u y p-u de una célula solar.**

Fuente: (Castejón & Santamaría, 2010)

$$U_L = I_L \times R$$

R: resistencia del receptor (O)

$I_L$ : intensidad suministrada por la célula (A)

$U_L$ : tensión en el receptor conectado a la célula (V)

$P_L$ : potencia entregada por la célula (W)

## Eficiencia y potencia máxima

Potencia máxima.

Punto de la característica i-u en el que la potencia entregada por la célula es máxima. Este punto, representado por A en la Figura 14, tiene su correspondiente punto A' en la característica p-u de la célula. Se cumple que:

$$P_{max} = U_{mpp} \times I_{mpp}$$

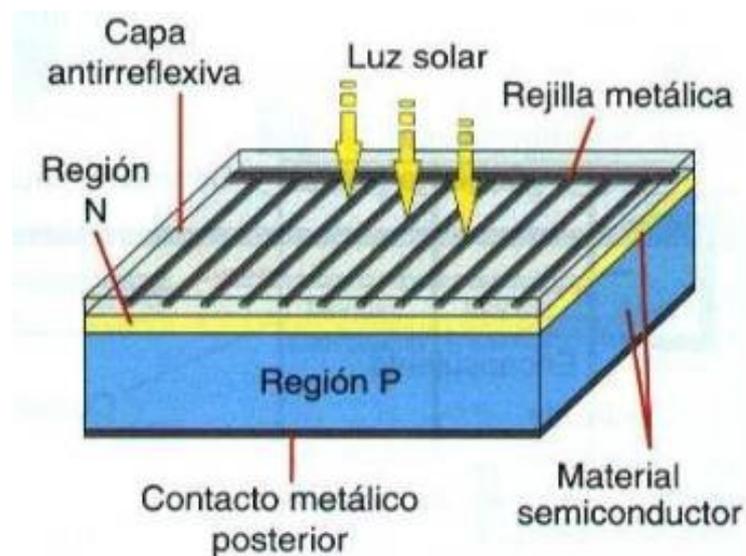
$P_{m\acute{a}x}$ : potencia máxima de la célula (W)

$I_{mpp}$ : intensidad máxima de la célula (A)

$U_{mpp}$ : tensión máxima de la célula (V)

## Constitución de una célula sola

Una célula solar convencional (figura 15) está construida a partir de una oblea de material semiconductor como el silicio, de un espesor aproximado de entre 100 y 500  $\mu\text{m}$ , en la que se ha difundido boro (impureza trivalente, región P) y sobre la que se difunde una capa muy fina, de 0,2 a 0,5  $\mu\text{m}$ , de fósforo (impureza pentavalente, región N), para obtener una unión PN. (Castejón & Santamaría, 2010)



**Figura 15: Estructura básica de una célula solar.**

Fuente: (Castejón & Santamaría, 2010)



#### **2.2.4.2. Regulador de carga**

Este es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas. (Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)

#### **2.2.4.3. Inversor**

Los inversores son equipos eléctricos-electrónicos desarrollados para transformar el flujo de electrones de corriente directa a corriente alterna, empleando tecnología de electrónica de potencia. (Alvarado Castañeda, 2015)

Además de su tarea básica descrita en el párrafo anterior, los inversores interconectados a la red deben de acoplarse a las características eléctricas de la red a la que se están conectando, sincronizándose en los parámetros de tensión y frecuencia definidos por la red. (Alvarado Castañeda, 2015)

Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita. (Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)

#### **2.2.4.4. Batería**

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos. (Biomass Users Network (BUN-CA), 2002)

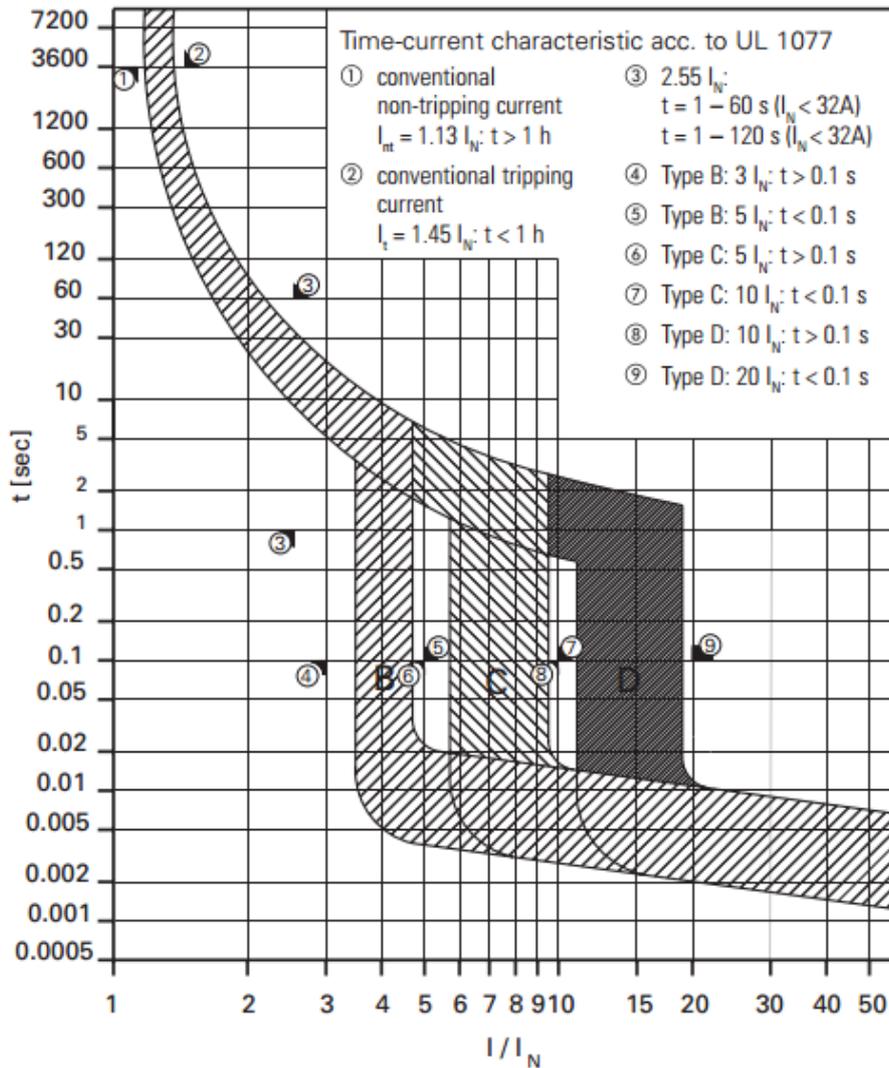


#### **2.2.4.5. Protección eléctrica**

Además de considerar los conductores dentro de los circuitos eléctricos, también es necesario considerar las protecciones eléctricas capaces de garantizar la operación de los sistemas por el tiempo que se especula que la tecnología puede operar. Estas protecciones pueden ser tanto para sobre-corriente como para sobre-tensión aunadas a un adecuado sistema de puesta a tierra. (Alvarado Castañeda, 2015)

#### **Protecciones contra sobre-corriente**

Las protecciones contra sobre-corriente pueden ser fusibles o interruptores termomagnéticos. Ambos operan tanto por un exceso de flujo como de temperatura, lo que varía es su manera de operar a lo largo del tiempo, ambos tienen diferentes curvas corriente-tiempo con las cuales se puede detallar el tiempo que tardará en operar la protección ante una sobre carga. Los interruptores se activan varias veces antes de ser inoperantes y los fusibles operan una sola vez. (Alvarado Castañeda, 2015)



**Figura 16: Tiempo reacción de un interruptor termo- magnético (ITM) vs corriente**

Fuente (Alvarado Castañeda, 2015)

### Protecciones contra sobre-tensión

Cualquier cuerpo metálico, principalmente el cableado en intemperie, pueden ser conductor de electrones ante la presencia de descargas eléctricas, normalmente descargas atmosféricas, cuyo efecto puede ser perjudicial para los componentes eléctrico-electrónicos del SFVI, personas localizadas cerca de los sistemas y la infraestructura de la edificación. La ingeniería eléctrica ha desarrollado elementos de protección cuya operación no es la de absorber el efecto de una descarga, sino desviarlo a un punto más seguro, la tierra física. (Alvarado Castañeda, 2015)



## **Sistema de puesta a tierra**

Uno de los aspectos en los que se ha puesto mayor énfasis dentro de las normativas de instalación de sistemas eléctricos es el del sistema de tierra física. Este sistema es considerado la base de la seguridad en términos eléctricos, no sólo para el sistema eléctrico sino para toda la infraestructura de la edificación y cualquier persona que entre en contacto con alguna parte viva de la instalación.

### **2.2.4.6. Conductores eléctricos**

Dentro de la instalación de los SFVI y en cualquier sistema eléctrico convencional, los conductores son pieza fundamental para tener un rendimiento óptimo. Dentro de un SFVI se utilizan tres tipos de conductores distintos: uno que transmite corriente directa, otro alterna, y el sistema de puesta a tierra. Cada uno con características eléctricas y mecánicas distintas. (Alvarado Castañeda, 2015)

### **2.2.4.7. Estructura de soporte**

Es el elemento mecánico encargado de soportar los módulos y como mínimo debemos asegurarnos de que tengan una larga vida útil sin mantenimiento, que soporte su ubicación a la intemperie, una adecuada resistencia mecánica a los esfuerzos provocados por el viento máximo registrados en la zona y asegurar la rapidez y sencillez de montaje (Salvador Escoda S.A., 2017, pág. 66)

### **2.2.5. Tipos de sistemas fotovoltaicos**

según, (Vásquez Chigne & Zúñiga Anticona, 2015), Existen tres principales tipos de sistemas solares fotovoltaicos los cuales se clasifican de acuerdo a su conexión y estructura física. A continuación, se explicarán estos sistemas.

#### **Sistemas conectados a red:**

Son aquellos que permiten que la energía eléctrica generada se distribuya a distintos puntos y por lo tanto pueda ser comercializada. Existen sistemas conectados a la red que no requieren del uso de baterías para almacenar la energía, ya que aquella que se produzca se inyectará a la red, siendo suministrada cuando las condiciones climatológicas sean las adecuadas para la generación de energía solar. Una ventaja de este tipo de sistemas es la



reducción de costos, así como el aseguramiento de un sistema eléctrico más robusto. Además, otra de las ventajas es que existe un aprovechamiento de la totalidad de la energía producida por los paneles. Se genera un ahorro del orden del 40% en las inversiones necesarias, ya que las baterías suelen ser las que demandan más gasto en su adquisición, sobre todo aquellas que no requieren de un constante mantenimiento. (Vásquez Chigne & Zúñiga Anticona, 2015)

### **Sistemas aislados**

Este tipo de sistemas son convenientes cuando se quiere suministrar energía eléctrica en zonas alejadas o de difícil acceso de la red eléctrica, los cuales requieren de baterías para poder almacenar la energía capturada durante el día. (Vásquez Chigne & Zúñiga Anticona, 2015)

### **Sistemas híbridos**

Los sistemas híbridos permiten la combinación de dos o más fuentes distintas para generar energía, las cuales pueden ser energía fotovoltaica junto con otro tipo de energía, ya sea eólica o un generador de energía con funcionamiento a base de diésel, el cual tiene como ventaja que se reducirían los paneles requeridos para satisfacer la demanda energética, así como las baterías necesarias para almacenar la energía, ya que no solo se dependería de un solo tipo de energía, sino que se complementarían en aquellos casos que no se cuenten con las condiciones necesarias para que una de las dos puede funcionar de forma eficiente. (Vásquez Chigne & Zúñiga Anticona, 2015)

#### **2.2.6. Impacto ambiental de emisiones de GEI**

Cada día se registran niveles más alarmantes de contaminación en el medio ambiente, esto se debe principalmente a la generación de energía mediante métodos convencionales, los cuales generan altas cantidades de CO<sub>2</sub>, y así disminuyen la calidad del aire que consumimos y dañan irremediablemente la capa de ozono.

El Perú, por firmar el protocolo de Kyoto, incentiva activamente la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mediante una bonificación por tonelada de no emitida. Asimismo, el Decreto Legislativo N°1002 declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de nueva generación eléctrica mediante el uso de Recursos



Energéticos Renovables (RER), dentro de las cuales, destaca la energía fotovoltaica. (Paulo Daniel, 2014)

La preocupación por el medio ambiente es un asunto que va incrementando de manera global debido al alto grado de impacto que causa el ser humano al ambiente. Así mismo, junto con ello nace la idea de poder controlar y mitigar los daños ocasionados, una forma de poder lograr esto es mediante el uso de nuevas fuentes de energías renovables. (Quispe Tecce, 2017)

#### **2.2.6.1. Cambio climático**

La consecuencia más importante de este aumento del CO<sub>2</sub> es un recalentamiento de la atmósfera (del orden de 0,3 C° por década, es decir, 2-4.5C° en el año 2050). Y en consecuencia: pérdida de las masas glaciales y expansión de las aguas oceánicas (aumento del nivel del mar con la inundación de grandes zonas costeras y deltas, actualmente habilitadas, desaparición de gran parte de Bangladesh y de los atolones del Pacífico, mientras que Holanda se verá forzada a aumentar la altura de su barreras de contención), y cambio climático generalizado, con todo lo que ello implica: incremento de las precipitaciones globales (pero con fuertes irregularidades entre diversas zonas y diferentes estaciones, aumentando las zonas desérticas), incremento de los fenómenos tormentosos (arrastrando el mar la capa de tierra vegetal —menos de 15 cm, y que ha tardado millones de años en formarse— y reduciendo de forma dramática la producción agrícola), etc., con efectos más severos en áreas de Brasil, Perú, Sahel, sureste de Asia, China, España, etc. (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

#### **2.2.6.2. Efectos de la explotación de las energías fósiles**

La producción, transformación y consumo de energía son fuentes importantes de contaminación ambiental y su comprensión y control constituyen un empeño permanente de los países como parte fundamental en la toma de decisiones y planificación del sector energético. (Garcia, Yujato, & Arenas, 2017)

La utilización de las fuentes de energía (desde su extracción hasta su utilización, pasando por todas las transformaciones intermedias) tiene repercusiones sobre las personas, bien directamente, bien por las variaciones generadas en la biosfera y el medioambiente.



Desgraciadamente, siempre con efectos negativos. (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

### **2.2.6.3. Lluvia ácida**

La combustión del azufre produce dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), que pasa a la atmósfera. Este, a su vez, se combina con el vapor de agua de la atmósfera y produce ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ), que da lugar a una lluvia ácida (en casos extremos, la lluvia puede alcanzar la acidez del vinagre).

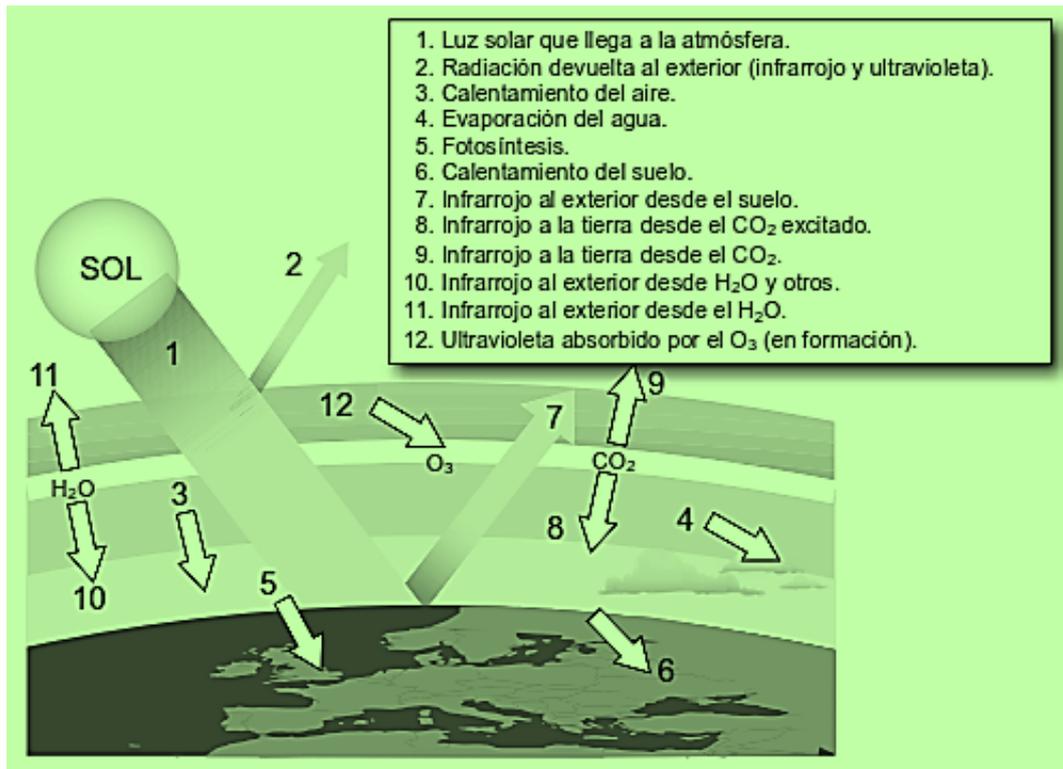
Igualmente ocurre con los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$ ), que terminan convirtiéndose en ácido nítrico ( $\text{NO}_3\text{H}$ ), con una permanencia en la atmósfera de 150 años. (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

### **2.2.6.4. La capa de ozono**

El mecanismo que produce la destrucción (mejor, no formación) del ozono se basa en la presencia en la alta atmósfera de sustancias como los óxidos de nitrógeno (producido en la combustión del carbón y el petróleo) y, especialmente, los clorofluorocarbonados (CFC) y compuestos halógenos (introducidos en los sistemas frigoríficos y de aire acondicionado, aerosoles, etc.). (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

### **2.2.6.5. El efecto invernadero**

En resumen, los gases invernadero, que provocan el efecto invernadero, en la composición actual, son imprescindibles para el soporte del ecosistema actual. Evidentemente, una composición diferente de los gases atmosféricos modifica el equilibrio actual, generándose por consiguiente un nuevo equilibrio, y con él, otro ecosistema diferente al actual. (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009, pág. 126)



**Figura 17: Efecto invernadero**

Fuente: (Jose, Roque, Antonio, & Manuel, 2009)

### 2.2.7. Gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) se refieren a cualquier gas que tiene la capacidad de absorber la radiación infrarroja en la atmósfera, siendo los principales gases el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) y los gases fluorados. Estos GEIs ocasionan el aumento de la temperatura de la atmósfera global y generan variaciones climáticas que se producen a nivel global. (Vázquez Rowe, y otros, 2017)

El Efecto Invernadero se refiere a la retención del calor del sol en la atmósfera por parte de una capa de gases. Sin ellos la vida tal como se conoce no sería posible, ya que el planeta sería demasiado frío. Los procesos antrópicos han generado que la concentración de estos gases haya aumentado un 30% desde el siglo pasado, afectando la capacidad de la naturaleza de equilibrar las emisiones.

Según la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, los gases de efecto invernadero principales que contribuyen al calentamiento global descritos

en el Anexo A del Protocolo de Kyoto con su respectivo Potencial de Calentamiento Global, en términos de CO<sub>2</sub> equivalente se muestra en la tabla 1. (FONAM, 2020)

**Tabla 1: Principales gases de efecto invernadero y su potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años.**

GAS DE EFECTO INVERNADERO	EFECTO	Potencial de calentamiento global (para obtener CO <sub>2</sub> e multiplicar por)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21	25
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	310	298
Hexfluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	23900	22800
Hidrofluorocarbonados	HFC's	140-11700	124-14800
Perfluorocarbonados	PFC's	6500-9200	7390-12200

Fuente: IPCC

#### 2.2.7.1. Dióxido de carbono

Compuesto por un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno. Recuperado del gas de síntesis en la producción de amoníaco, de gases de chimenea (producto de combustión), y como subproducto del craqueo de hidrocarburos y de la fermentación de carbohidratos. Usado principalmente en la fabricación de hielo seco y de bebidas carbonatadas, como extintor de incendio, en la producción de atmósfera inerte y como desemulsificante en la recuperación terciaria de petróleo. (Ministerio de Energía y Minas, 2018, pág. 198)

Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la combustión de combustibles fósiles, a diferencia de otros gases de efecto invernadero, pueden ser calculadas con un grado de precisión aceptable a partir del cálculo de las cantidades de carbono contenido en los combustibles, mientras que el volumen del resto de emisiones depende de las tecnologías y de las condiciones de combustión. (García, Yujato, & Arenas, 2017)

La fuente más importante de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el Sector Energía es la oxidación del carbono que tiene lugar durante el proceso de combustión de las fuentes de



energía fósiles y representa entre el 70% y el 90% del total de emisiones antropogénicas. (García, Yujato, & Arenas, 2017)

El dióxido de carbono ingresa a la atmósfera a través de la quema de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), residuos sólidos, árboles y otros materiales biológicos; y también como resultado de ciertas reacciones químicas (p. ej.: fabricación de cemento). El dióxido de carbono se elimina de la atmósfera (o "secuestra") cuando lo absorben las plantas como parte del ciclo biológico del carbono. (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2020)

El dióxido de carbono se intercambia constantemente entre la atmósfera, los océanos y la superficie cubierta por tierra ya que es producido y absorbido a la vez por muchos microorganismos, plantas y animales. Sin embargo, las emisiones y la eliminación de CO<sub>2</sub> que se registran a raíz de estos procesos naturales tienen a equilibrarse, sin los impactos antropogénicos. Como la Revolución Industrial comenzó aproximadamente en 1750, las actividades del ser humano han contribuido sustancialmente al cambio climático porque han incorporado CO<sub>2</sub> y otros gases que atrapan el calor a la atmósfera. (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2020)

#### **2.2.7.2. Metano**

El metano es un hidrocarburo gaseoso, incoloro e inodoro, inflamable, producto de la descomposición de las materias orgánicas en los pantanos ó minas, ó por carbonizado del carbón. Se utiliza como combustible y como materia prima en las síntesis químicas. El metano también puede producirse mediante ciertos procesos de conversión de biomasa. (Ministerio de Energía y Minas, 2018, pág. 201)

A nivel global, el 50-65% del total de emisiones de CH<sub>4</sub> proviene de actividades del ser humano. El metano se emite en actividades relacionadas con la energía, la industria, la agricultura y el manejo de residuos, que se describen a continuación. (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2020)



### **2.2.7.3. Óxido nitroso**

A nivel global, aproximadamente el 40% del total de emisiones de N<sub>2</sub>O proviene de actividades del ser humano. El óxido nitroso se emite en actividades de agricultura, transporte e industria, entre otras, que se describen a continuación. (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2020)

### **2.2.7.4. Gases fluorados**

A diferencia de otros gases de efecto invernadero, los gases fluorados no tienen fuentes naturales y solo provienen de actividades relacionadas con el ser humano. Se emiten al usarse como sustitutos de sustancias que destruyen el ozono (p. ej.: refrigerantes) y a través de diversos procesos industriales como la fabricación de aluminio y semiconductores. Muchos gases fluorados tienen Potenciales de calentamiento global (Potencial de Calentamiento Global, GWP) muy elevados en relación con otros gases de efecto invernadero; por ese motivo, incluso una concentración atmosférica reducida puede tener efectos desproporcionadamente grandes en las temperaturas globales. También pueden tener gran persistencia en la atmósfera; en algunos casos, hasta miles de años. Al igual que otros gases de efecto invernadero de gran persistencia, la mayoría de los gases fluorados se mezclan bien en la atmósfera, y se dispersan por todo el mundo después de emitidos. La atmósfera elimina muchos gases fluorados solamente cuando los destruye la luz solar en la capa más alta de la atmósfera. En general, los gases fluorados son el tipo más potente y persistente de gases de efecto invernadero emitidos por actividades del ser humano.

El hexafluoruro de azufre se utiliza como gas aislante en equipos de transmisión de la electricidad, incluidos los cortacircuitos. El valor GWP del SF<sub>6</sub> es de 22 800; eso lo convierte en el gas de efecto invernadero más potente que ha evaluado el Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2020)

### **2.2.7.5. Alcance**

Las emisiones del Sector Energía incluyen a todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se generan por la combustión y las fugas de combustible. Las emisiones generadas por los usos no energéticos de los combustibles no suelen incluirse

aquí, sino que se declaran en el sector Procesos industriales y uso de productos. (Ministerio de Energía y Minas, 2020)

El Sector Energía comprende principalmente las siguientes actividades:

- La conversión de fuentes primarias de energía a fuentes secundarias (conversión en refinerías y centrales eléctricas)
- El transporte y distribución de combustibles.
- El uso de combustibles en fuentes estacionarias.
- La exploración y explotación de las fuentes primarias de energía.

### **Categoría 1A**

(Quema de combustibles): Emisiones de oxidación intencional de materiales, dentro de un aparato diseñado para generar calor o trabajo mecánico. (Ministerio del ambiente, 2020)

### **Categoría 1B**

(Emisiones fugitivas): Emisiones intencionales y no intencionales producidas en la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles al punto de uso final. (Ministerio del ambiente, 2020)

Para el cálculo de Emisiones GEI:

#### **Nivel 1:**

Se calcula multiplicando la información de consumo de combustible estimado con el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC

$$\text{Emisiones GEI} = \sum_a \text{Combustible}_a \times \text{Factor de Emisión}_a \quad (1)$$

Donde:

a = tipo de combustible (ejemplo: gasohol, biodiesel, gas natural, etc.)



### **Nivel 2:**

Es igual al Nivel 1, con excepción de que se utiliza el contenido de carbono específico del país del combustible vendido (Factor de emisión)

### **Nivel 3:**

Exige datos detallados específicos del país para generar factores de emisión basados en las actividades para cada subcategoría

(Ejemplo kilómetros recorridos, tipo de carretera, tecnología del motor, etc.)

#### **2.2.7.6. Factores de emisión**

El contenido de carbón de un combustible fósil varía en función de sus propiedades físicas y químicas. En el caso del gas natural el factor de emisión depende de la composición del gas que además del metano puede incluir pequeñas cantidades de etano, propano, butano e hidrocarburos pesados. Los factores de emisión serán diferentes según la proporción de cada uno de estos gases en la mezcla total. (García, Yujato, & Arenas, 2017)

Los factores de emisión son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante, generada por la fuente en estudio. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2020)

Factor que, multiplicado por el dato de actividad, cuantifica la emisión propia del gas de efecto invernadero generado. El factor de emisión debe estar en unidades de: (toneladas de GEI) / (unidad energía, masa, volumen o distancia del dato de actividad medido). (Saavedra Navarro, 2014)

#### **Factores de emisión de combustibles para la industria energética**

El factor de emisión para la energía eléctrica varía de acuerdo a la participación de las diferentes fuentes de generación de energía, que pueden ser: hidroeléctrica y termoeléctrica, entre las más comunes. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2020)

Para todas las fuentes incluidas dentro de las industrias de la energía (1A1) se han utilizado los siguientes factores de emisión. (Ministerio de Energía y Minas, 2020)

**Tabla 2: Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias energéticas**

Combustible		Co2	Ch4	N2o
		Fe por defecto (kg CO2/TJ)	Fe por defecto (kg CH4/TJ)	Fe por defecto (kg N2O/TJ)
Petróleo crudo		73,300.00	3.00	0.60
Gas natural licuado		64,200.00	3.00	0.60
Gasolina para motores		69,300.00	3.00	0.60
Gas /diésel oíl		74,100.00	3.00	0.60
Fuelóleo residual		77,400.00	3.00	0.60
Gases licuados de petróleo		63,100.00	1.00	0.10
Antracita		98,300.00	1.00	1.50
Carbón de coque		94,600.00	1.00	1.50
Gas natural		56,206.69 <sup>1</sup>	1.00	0.10
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800.00	3.00	0.60
	Biodiesel	70,800.00	3.00	0.60
	Otros biocombustibles líquidos	79,600.00	3.00	0.60
Biomasa solida	Otra biomasa solida primaria	100,000.00	30.00	4.00
	Carbón vegetal	112,000.00	200.00	4.00
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	54,600.00	1.00	0.10
Kerosene		71,900.00	3.00	0.60

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2020)

<sup>1</sup> Valor de factor de emisión nacional obtenido en base a metodología del documento: Compendium of green house gas emissions methodologies for the oil and natural gas industries/American Petroleum Institute



### 2.2.8. Normativas de referencia

El marco normativo para la promoción de la energía renovable ha ido evolucionando desde la dación de la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento (1993, 1994), que crea el mercado eléctrico y establece su arreglo institucional, la Ley de Generación Eficiente (2006), promueve licitaciones y contratos de largo plazo como medio para respaldar inversión en generación a gran escala (grandes hidroeléctricas y otras tecnologías convencionales) y el Decreto Legislativo N° 1002 (2008) que declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de la generación de electricidad mediante recursos renovables. (Ministerio de Energía y Minas, 2014)

Las normativas legales referentes al uso de energías renovables en el país, se encuentran:

- El D.L. N.º 1002 establece como prioridad nacional la promoción de las energías Renovables; definiendo como Recursos Energéticos Renovables (RER) a las fuentes de Energía Renovable No Convencional: (Ministerio de Energía y Minas, 2014)
- Decreto Supremo N.º 012-2011-EM, Nuevo Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables (marzo 2011)<sup>2</sup>
- Decreto Supremo N.º 031-2012-EM Modifican los artículos del Decreto Supremo N.º 009-93-EM y del Decreto Supremo N.º 012-2011-EM, relativos al marco regulatorio que regula el otorgamiento de las concesiones de generación hidráulica RER
- Decreto Supremo N.º 020-2013-EM Aprueban Reglamento para la Promoción de la Inversión en Áreas no Conectadas a Red
- Decreto Supremo N.º 056-2009-EM Disponen adecuar competencia de los Gobiernos Regionales para el otorgamiento de concesiones definitivas de generación con recursos energéticos renovables
- Decreto Supremo N.º 024-2013-EM Modifican el Reglamento de la Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables y el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.

---

<sup>2</sup> Reemplaza al Reglamento original, aprobado mediante Decreto Supremo N° 050-2008



- Bases de la segunda Subasta RER, aprobadas mediante Resolución Viceministerial N° 036-2011-MEM/VME del Ministerio de Energía y Minas<sup>3</sup>
- Decreto Supremo N° 064-2010-EM - Política Energética Nacional Del Perú 2010-2040.

---

<sup>3</sup> Las Bases de la primera subasta RER fueron aprobadas mediante R.V. N° 113-2009-MEM/VME

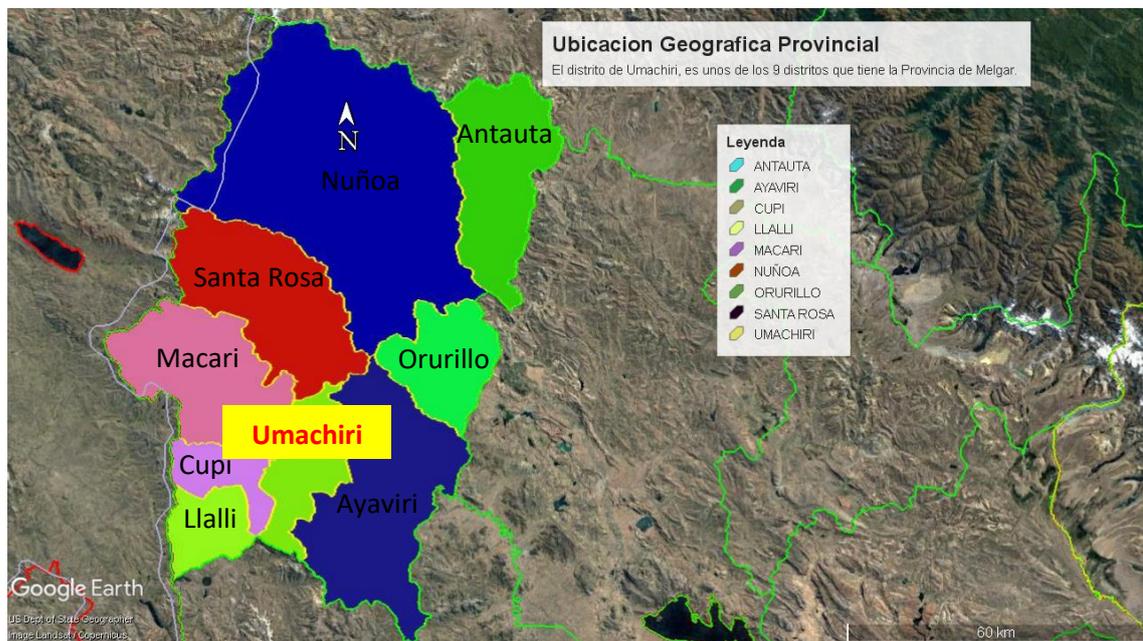
## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

##### 3.1.1. Ubicación

El CP de sora se encuentra en el distrito de Umachiri, Provincia de Melgar, Departamento de Puno, En este distrito fue fusilado Mariano Melgar.



**Figura 18 : Vista satelital de la Provincia de Melgar.**

Elaboración propia.

El CP de Sora está ubicado en una zona privilegiada para el desarrollo de la energía solar debido a que no cuenta con interferencias para la recepción de la radiación solar y su proximidad del Perú a la línea ecuatorial, lo que nos permite contar con más horas de sol durante la mayor parte del año, existe una excelente disponibilidad de energía debido a su abundancia y uniformidad durante el año.

**Tabla 3: coordenadas UTM de la zona de proyecto**

Coordenadas UTM	
X	Y
305349	8349872

Elaboración propia



**Figura 19: vista aérea de la zona de proyecto**

Elaboración propia

### 3.1.2. Altura

El distrito de Umachiri se encuentra a 3 929 metros de altitud que corresponde a la clasificación como región suni, que comprende una altitud que va desde 3500-4000m.s.n.m.

### 3.1.3. Limites

El distrito de Umachiri se encuentra delimitado con las siguientes municipalidades distritales de la provincia de melgar, como se muestra en la figura 18.

- Norte: Santa Rosa
- Sur: Ocuvi



- Este: Ayaviri
- Oeste: Macari, Cupi, Llalli

#### **3.1.4. Extensión**

El Distrito de Umachiri tiene una extensión de 331 km<sup>2</sup>

#### **3.1.5. Topografía**

La topografía del terreno en el área del proyecto es característico del altiplano puneño, que se encuentra entre las cordilleras Occidental y Oriental de los Andes por ser poco accidentada con laderas de cerros, quebradas, y con predominación de pampas y llanos interandinos.

#### **3.1.6. Hidrografía**

Entre los recursos hídricos los ríos llallimayo y Umachiri son los más representativo, que atraviesa el pueblo de Macarí de oeste a este, que nace en las alturas del distrito de ocuviri y cerro llankakahua, sumándose con el río Macarimayo para luego entregar sus aguas al río Ayaviri, que al unirse con el río Azángaro forma el río Ramis, que finalmente desemboca en el Lago Titicaca que son ricos en riqueza ictiológica, principalmente de truchas.

#### **3.1.7. Clima**

El área del proyecto cuenta con un clima frío, caracterizada por descargas atmosféricas intensas, lluvias entre los meses de octubre y abril, además fuertes vientos en los meses de noviembre y abril.

Las características ambientales siguientes han sido tomadas de la estación de Chuquibambilla: (SENAMHI, 2020)

**Tabla 4: Condiciones climatológicas de la zona del proyecto**

<b>Estación Meteorológica</b>	<b>CHUQUIBAMBILLA</b>
Temperatura Máxima	20 °C
Temperatura Media Anual	11 °C
Temperatura Mínima	-7 °C
Velocidad Máxima del Viento	90 km/h
Altitud m.s.n.m.	3929

Fuente: (SENAMHI, 2020)

### **3.1.8. Fauna**

La fauna del distrito de Umachiri es muy rica y variada, principalmente en vacunos, ovinos, camélidos sudamericanos que representa la riqueza del pueblo, desde tiempos inmemorables la alpaca, la llama y la vicuña constituyeron parte de la riqueza, y la importancia de los animales finos ha acrecentado inmensamente el poderío económico del distrito.

### **3.1.9. Flora**

En la Agricultura se siembra papa, quinua, cebada, cañihua, Avena, Alfalfa y pastos cultivados. La producción agrícola y ganadera se complementa recíprocamente. La agricultura aporta a la ganadería alimentación: pastos, residuos de cosecha (Forraje, granos, etc.); mientras que el ganado le aporta a la agricultura abono orgánico (estiércol) para la fertilización de los suelos. Es el primer productor de Vacunos y ovinos y, por tanto, de leche y carne, dentro del distrito y la provincia es el principal productor de la leche y sus derivados.

### **3.1.10. Vías de comunicación**

El área del trabajo de investigación se localiza en el Centro Poblado de Sora, distrito de Umachiri, provincia de Melgar, región Puno, como se muestra en el anexo 01

Carretera asfaltada CP Sora - Umachiri - Ayaviri - Juliaca - Puno



### **3.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

- Laptop
- Cámara digital
- GPS
- Libreta de campo
- Calculadora
- Formatos anexos para recolección de información
- Software SOLARIUS PV

### **3.3. METODOLOGÍA DE CALCULO**

#### **3.3.1. Radiación solar según atlas solar global**

De acuerdo al atlas solar global, el Perú cuenta con un alto potencial, disponible en casi todo el territorio, por su incidencia diaria y uniforme durante todo el año. En Las regiones del sur del Perú como son Puno, Arequipa, Tacna, Moquegua disponemos de una radiación diaria promedio entre 5.2 a 6.0 Kwh de energía, haciendo más atractivo su uso e implementación en la región de Puno en comparación a otros Regiones que están por debajo a los 5.2 kWh de energía solar.

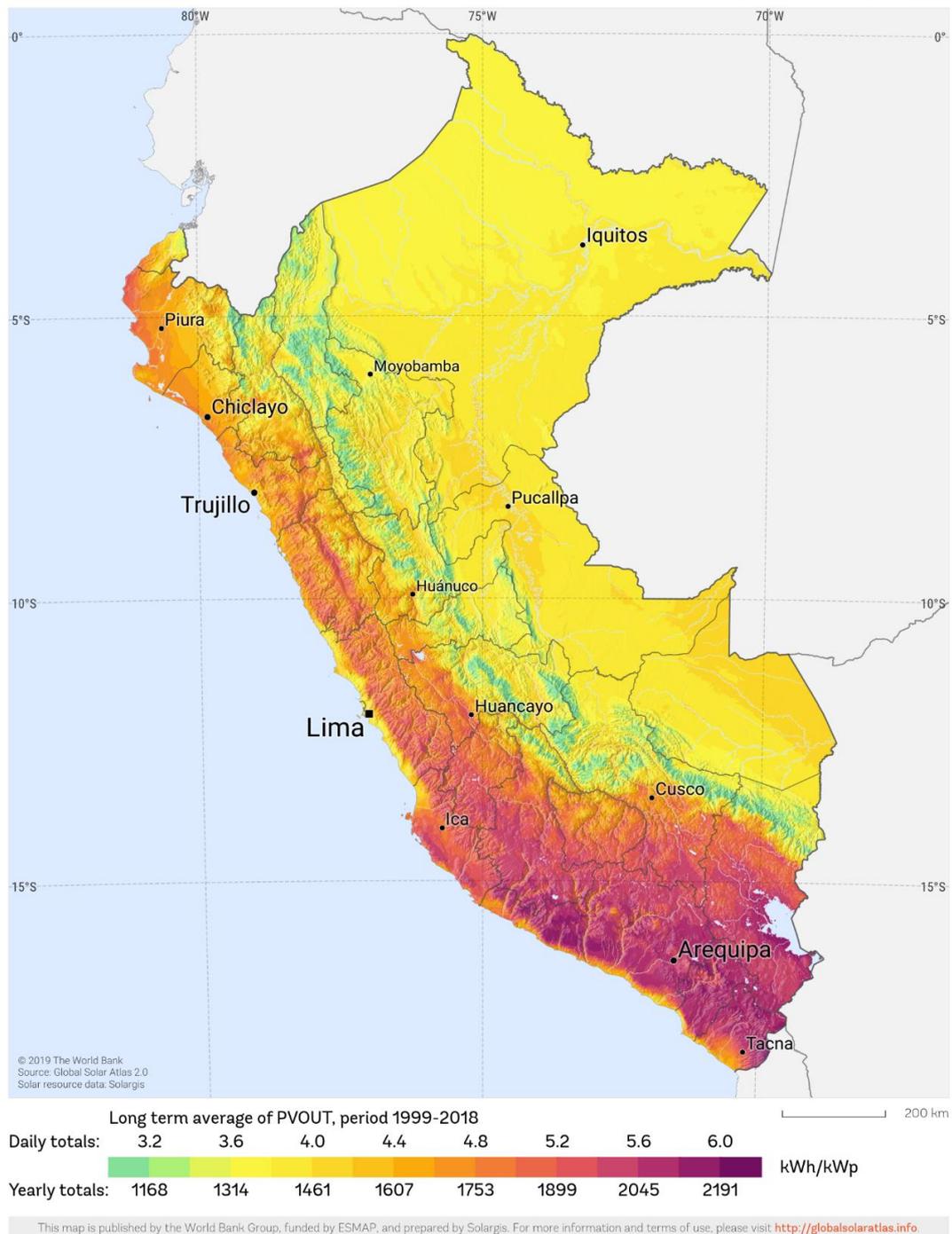
SOLAR RESOURCE MAP

## PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL PERU



ESMAP

SOLARGIS

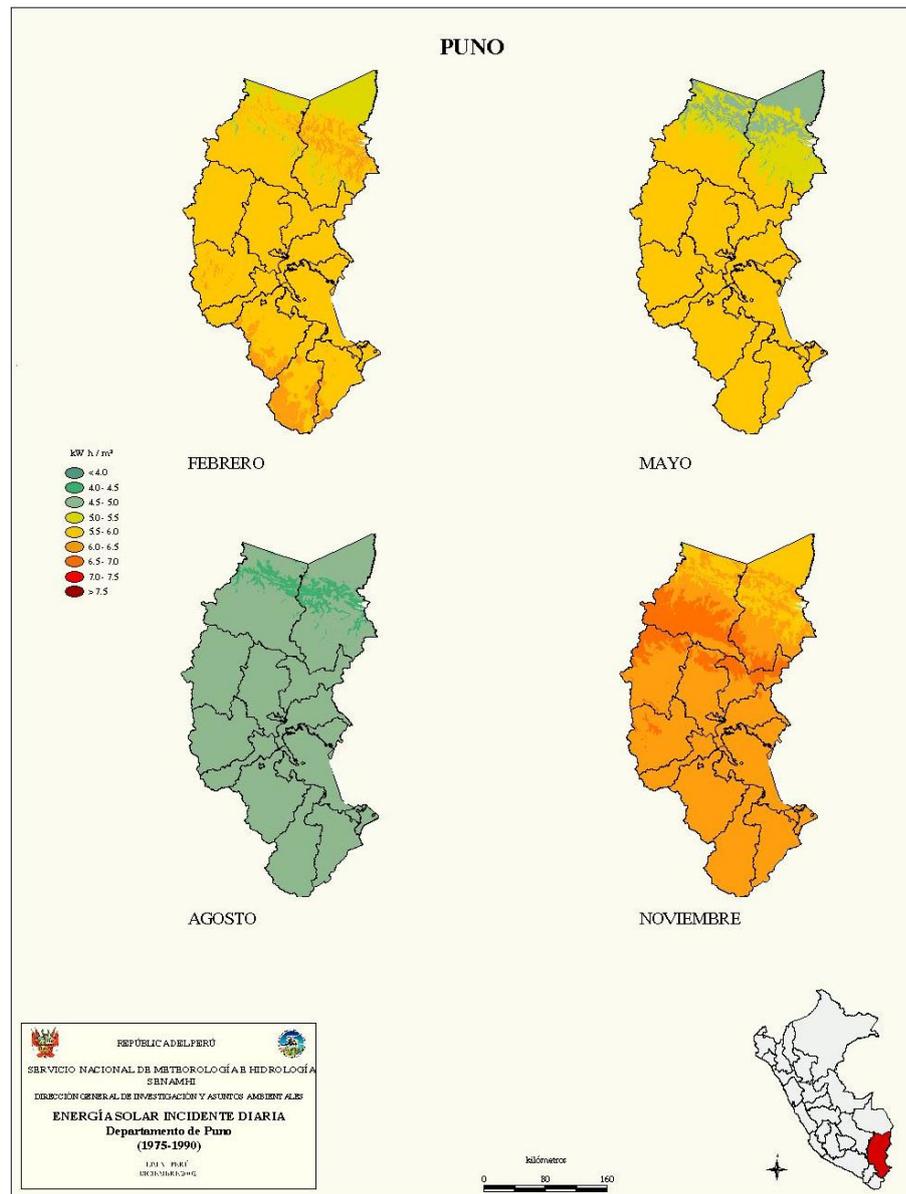


**Figura 20: potencial de energía fotovoltaica del Perú**

Fuente: Atlas Global solar

### 3.3.2. Radiación solar según atlas de energía solar del Perú

Los datos que tenemos de radiación solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas (anexo 4), señala que el país cuenta con una elevada radiación solar, 5.5 a 6.5 kWh/m<sup>2</sup> y en la región Puno (figura 21) se tiene una radiación anual que varía entre 4.0 a 6.5 kWh, elaborados por Senamhi datan su publicación en el 2003, el cual debe ser aprovechado para generar energía limpia.



**Figura 21: Radiación solar en la región Puno según ATLAS de Energía Solar del Perú.**

Fuente: (Senamhi, 2020)



### 3.3.3. Cálculo de factores de emisión

Para determinar las emisiones de GEI, Se calcula multiplicando la información de energía generada con el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC

$$\text{Emisiones GEI (kg CO}_2\text{)} = \text{EGenerada(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)} \quad (02)$$

Donde:

- Emisiones GEI(kg CO<sub>2</sub>): Emisiones directas en kgCO<sub>2</sub>
- EGenerada(kWh): Energía generada en kWh
- FE (kgCO<sub>2</sub>/kWh): Factor de emisión en kgCO<sub>2</sub>/kwh

#### Factor de emisión para la energía eléctrica

Se muestra la comparación entre la cantidad de emisiones generadas por kWh por tipo de generación eléctrica. La energía hidráulica genera menor cantidad de CO<sub>2</sub> eq en comparación con las demás fuentes energéticas, siendo bastante mayor la diferencia en comparación con las emisiones generadas por la quema de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo). Sin embargo, se debe de tomar en consideración que la base de datos Ecoinvent® no considera las emisiones propias del embalse, las cuales son producto de la descomposición de la materia orgánica y la cantidad de carbono en el embalse. (Verán Leigh & Vázquez Rowe, 2017)

Para evaluar y determinar las fuentes de emisión de GEI, Se ha tomado como referencia los factores de emisión dadas por el IPCC (2006), Informe de identificación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) en subsectores del Perú y análisis del potencial de mitigación proyecto (Vázquez Rowe, y otros, 2017)

Emisiones de kg CO<sub>2</sub> eq/kWh generados por cada uno de los tipos de generación eléctrica en el Perú.



**Tabla 5: Emisiones de kg CO<sub>2</sub> eq/kWh generados por cada uno de los tipos de generación eléctrica en el Perú**

<b>Tipo de Generación Eléctrica</b>	<b>FE (kg CO<sub>2</sub> eq/kWh)</b>
<b>Energía eléctrica SEIN<sup>4</sup></b>	<b>0.615</b>
Quema de carbón	1,350
Gas natural, centrales ciclo combinado	0,755
Gas natural, planta de energía convencional	0,415
Quema de petróleo	1,290
Eólica, menor a 1 MW, en tierra	0,020
Eólica, 1-3MW, en tierra	0,021
Quema de biogás	0,251
Energía producida por biomasa	0,053
Energía hidráulica	0,007
Energía Fotovoltaica	0,083

Elaboración propia

---

<sup>4</sup> El factor de emisión para la energía eléctrica varía de acuerdo a la participación de las diferentes fuentes de generación de energía, que pueden ser: hidroeléctrica y termoeléctrica, entre las más comunes.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. IDENTIFICACIÓN DE CENTRALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL SEIN

El sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) del Perú está conformado por empresas de generación tanto privadas como del Estado, por centrales renovables y no renovables, integrantes del Comité de Operación Económica del Sistema Nacional (COES-SINAC) y no renovables dividido en cuatro tipos de tecnología de generación eléctrica (Anexo N° 09).

- Centrales hidroeléctricas.
- Centrales termoeléctricas
- Centrales solares
- Centrales eólicas

#### 4.2. DETERMINACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

Para determinar los datos de radiación solar sobre la superficie y cálculo del sistema fotovoltaico recurrimos a atlas solar del Perú, atlas solar global, Censolar, y el Software Solarius PV v.BIM(c), desarrollado por la ACCA Software, que para recopilar los datos de radiación solar usa los datos proporcionados por METEONORM 7.1.

##### 4.2.1. Radiación con solarius pv v.bim(c).

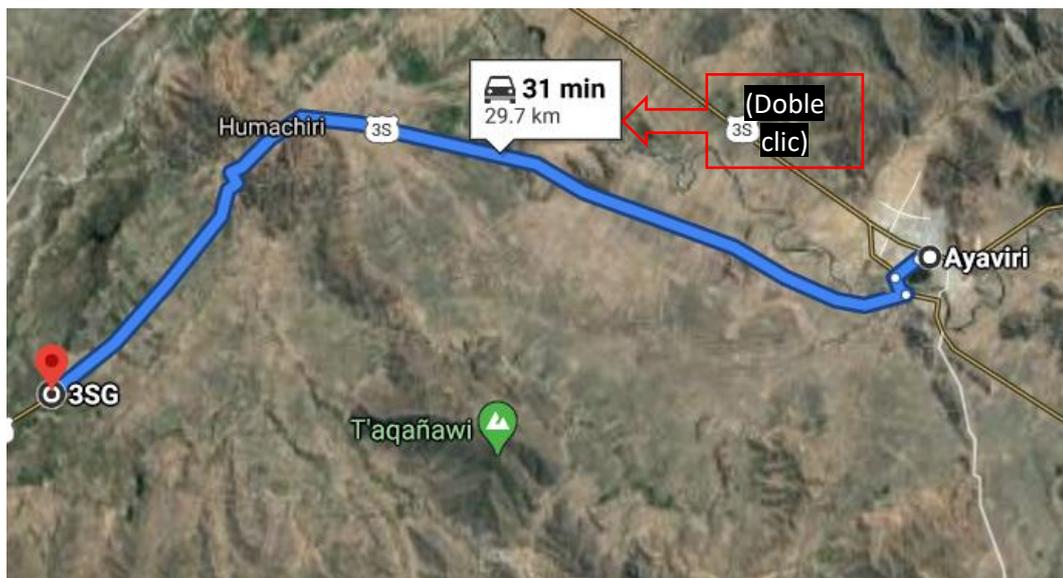
A partir de lo comentado anteriormente, el primer criterio para definir el Sistema fotovoltaico, es ejecutar el software Solarius PV v.BIM(c).

Una vez dentro del software, como primer paso en elegir la localidad del proyecto, por defecto están las localidades que se encuentran en la base de datos del software, que se encuentran próximas a la zona del proyecto, nuestro caso sería el distrito de Ayaviri de la provincia de Melgar, encontrándose a una distancia de 29.7 km de la zona del proyecto.



**Figura 22:** pestaña de acceso a Programa Solarius PV v.BIM2(c)

Elaboración propia



**Figura 23:** distancia de la zona de proyecto al distrito de Ayaviri.

Elaboración propia

Para nuestro caso, optamos por la segunda opción que permite crear una nueva base de datos con la ayuda del software, que nos permita trabajar con los valores propios de la zona de estudio.

**Paso 01:** es poner un nombre para la base datos, como se muestra en la figura 24

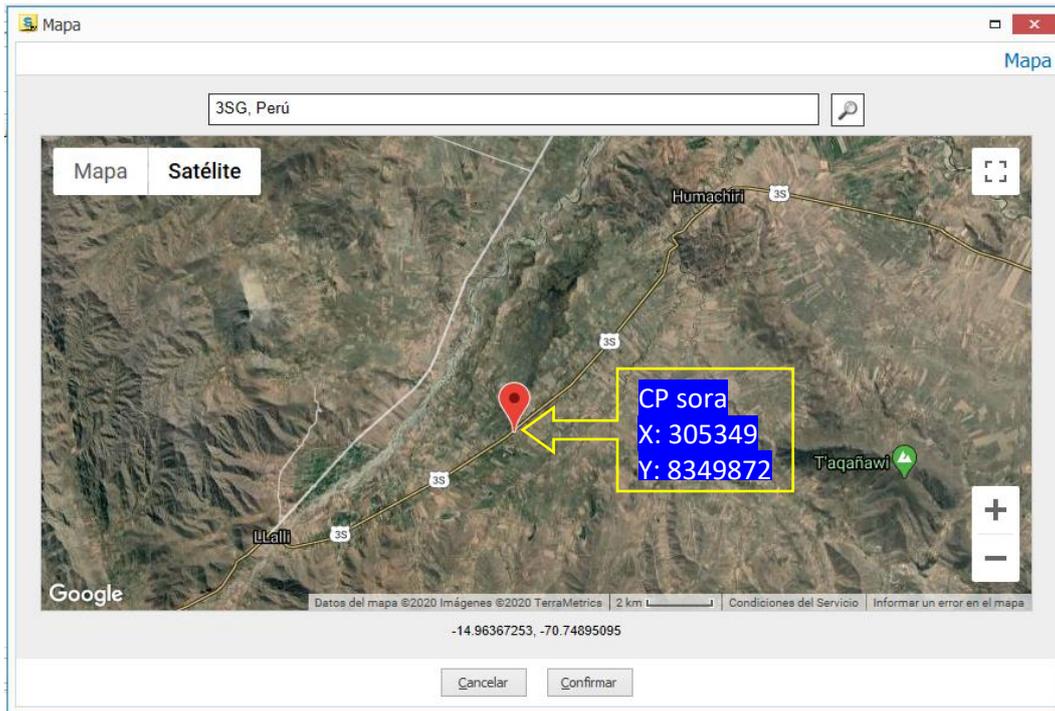
**Paso 02:** ubicar la zona del proyecto por vista satelital, como se muestra en la figura 25 y 26

**Paso 03:** una vez determinada el nombre y la localización satelital, hacemos clic para poder determinar la radiación solar por cada mes del año.

**Figura 24:** creación de la base de datos para el proyecto

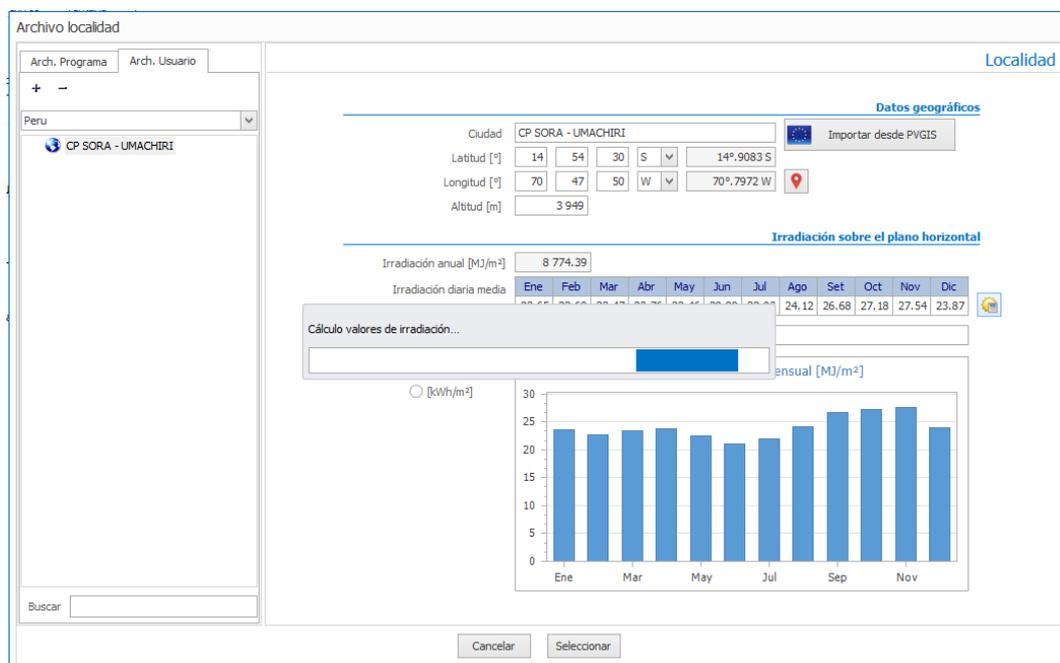
Elaboración propia

Para el cálculo de la radiación horizontal diaria mensual de nuestro trabajo de evaluación, es necesario determinar bien la ubicación de la zona del proyecto, para que el software determine los valores, como se muestra en la figura 25.



**Figura 25: ubicación satelital de la zona del proyecto**

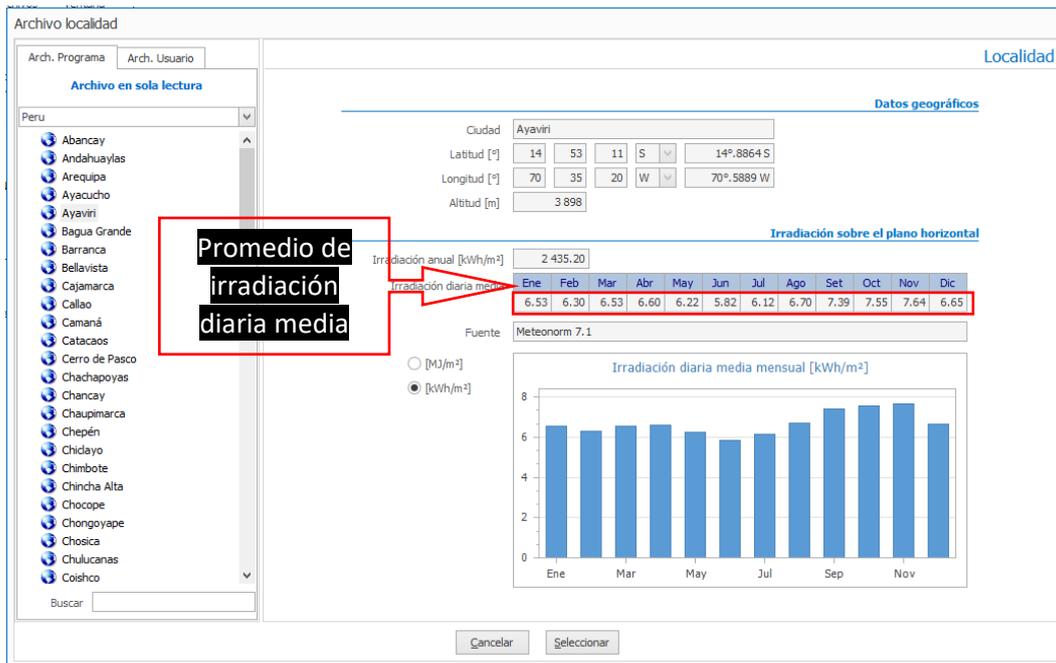
Elaboración propia



**Figura 26: cálculo de valores de la radiación diaria mensual.**

Elaboración propia

Una vez terminada la ubicación satelital de la zona del proyecto el software, procede con los cálculos, como se muestra en la figura 26.



**Figura 27: radiación horizontal diaria mensual**

Fuente: Fuente: elaboración propia, Solaris PV v.BIM(c)

Una vez que el programa termina con los cálculos de radiación de la zona del proyecto, nos muestra los valores obtenidos de la radiación diaria media, como se muestra en la figura 27.

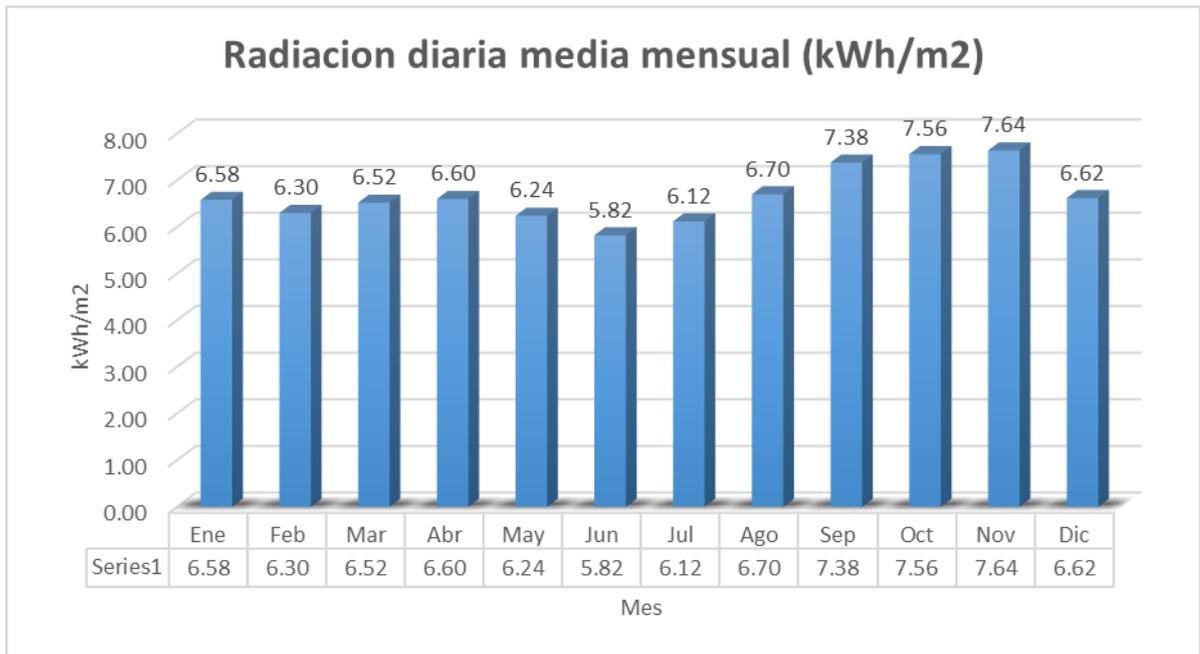
De la figura 27, llegamos al siguiente cuadro con los datos de Irradiación media diaria mensual, mensual y anual, el cual nos servirá para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación, como se muestra en la tabla 5

**Tabla 6: valores de irradiación media diaria mensual, mensual, y anual.**

Irradiación anual (kWh/m2)	2436.14											
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Irradiación diaria media mensual (kWh/m2)	6.58	6.30	6.52	6.60	6.24	5.82	6.12	6.70	7.38	7.56	7.64	6.62
Irradiación mensual (kWh/m2)	203.98	176.40	202.12	198.00	193.44	174.60	189.72	207.70	221.40	234.36	229.20	205.22

Elaboración propia

El la figura 28 muestra los valores radiación media mensual producida por la instalación fotovoltaica:



**Figura 28: Radiación diaria media mensual**

Elaboración propia

De la figura 28, se puede deducir que, en los meses de septiembre, octubre y noviembre se producen la mayor irradiación horizontal aprovechable con 7.41, 7.55 y 7.65 kWh/m<sup>2</sup>.

De la figura 28, deducimos también que los meses con menor irradiación media diaria mensual son junio, julio y mayo con 5.83, 3.12 y 6.24 kWh/m<sup>2</sup> aprovechable.

Para los efectos de sombreado se considera la morfología del sitio, dentro de los cuales están los elementos naturales como árboles, montañas y elementos artificiales como son edificios que determinan la reducción de ganancias solares, para el cual el diagrama solar del sitio de evaluación al día 15 de junio 2020 es.

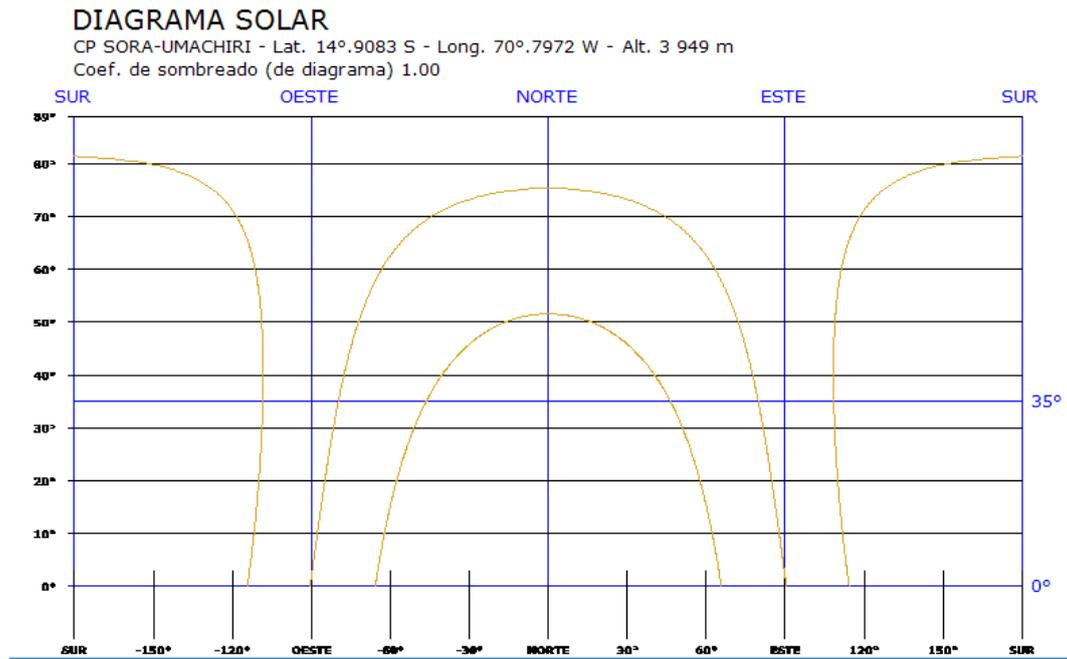


Figura 29: diagrama solar de la zona de proyecto.

Elaboración propia

### 4.3. POTENCIA INSTALADA Y ENERGÍA GENERADA

#### 4.3.1. Potencia instalada CP Sora

El Centro poblado de Sora consta de 20 subestaciones de distribución de 5kV 13,2/0,460-0,230 kV del tipo monofásico (1Ø), suman en total una potencia instalada de 100 kVA y una máxima demanda de 72.76 KW, está alimentado por la Sub Estación Ayaviri, ubicada en el ingreso a la ciudad.

Tabla 7: Potencia instalada CP Sora

Subestacion	Nivel de Tension	N° Usuarios	C.E. (W)/Lote	Carga especial	C.E. Carga Especial (W)	N° AP	Maxima Demanda
Sora 36	5kV (440/220V. 1Ø)	14	400		1000	2	4.72
Sora 37	5kV (440/220V. 1Ø)	24	400	6	1000	10	19.20
Sora 38	5kV (440/220V. 1Ø)	9	400		1000	2	3.72
Sora 39	5kV (440/220V. 1Ø)	10	400		1000	3	4.88
Sora 40	5kV (440/220V. 1Ø)	15	400		1000	4	6.84
Sora 41	5kV (440/220V. 1Ø)	20	400		1000	5	8.80
Sora 42	5kV (440/220V. 1Ø)	6	400		1000	2	3.12
Sora 43	5kV (440/220V. 1Ø)	8	400		1000	1	2.56
Sora 44	5kV (440/220V. 1Ø)	19	400	1	1000	2	6.52
Sora 45	5kV (440/220V. 1Ø)	11	400	1	1000	1	3.96
Sora 46	5kV (440/220V. 1Ø)	5	400		1000	1	1.96
Sora 47	5kV (440/220V. 1Ø)	7	400	1	1000	2	4.12
Sora 48	5kV (440/220V. 1Ø)	7	400		1000	1	2.36
<b>TOTAL</b>		<b>155</b>		<b>9</b>		<b>36</b>	<b>72.76</b>

Elaboración Propia.

La selección de la calificación eléctrica se ha obtenido de la aplicación de la norma DGE “Calificación Eléctrica para la Elaboración de Proyectos de Subsistemas de Distribución Secundaria” aprobada por RM N.º 531-2004-MEM/DM, donde se establecen los W/abonado para el sector de distribución típico 5: Demanda máxima por lote promedio 400 W/lote.

#### 4.3.2. Potencia instalada planta fv

La instalación, es un tipo de instalación proyectada para conexión a la red y está conectada a la red principal con una conexión de tipo "trifásico en media tensión".

Su potencia nominal es de 1 000.080 kW con una producción de energía anual de 1 901 849.96 kWh, resultante de 1 852 módulos, instalados en una superficie de 10 593.44 m<sup>2</sup>, dividido en dos generadores.

**Tabla 8: disposición de los módulos e inversores del generador fotovoltaico**

DISPOSICION LOS DE LOS MODULOS E INVERSORES DEL GENERADOR FV									
INVERSOR 1		INVERSOR 2		INVERSOR 3		INVERSOR 4			
MPPT	NUM DE MODULOS INV. 1	RAMA POR MODULOS INV. 1	NUM DE MODULOS INV. 2	RAMA POR MODULOS INV. 2	NUM DE MODULOS INV. 3	RAMA POR MODULOS INV.3	NUM DE MODULOS INV. 4	RAMA POR MODULOS INV. 4	
1	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	3 x 19
2	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	3 x 19
3	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	3 x 19
4	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	3 x 19
5	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	3 x 19
6	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	57	3 x 19	3 x 19
7	21	1 x 21	21	1 x 21	21	1 x 21	21	1 x 21	1 x 21
8	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	1 x 20
9	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	1 x 20
10	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	1 x 20
11	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	1 x 20
12	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	20	1 x 20	1 x 20
	463		463		463		463		

Elaboración propia

#### 4.3.3. Elección del panel fotovoltaico

Los paneles solares tienen la función de transformar la energía del sol en energía útil para un desempeño concreto, en este caso generar electricidad.

Para alcanzar la potencia instalada pico de 1.080 MW, recurrimos a las características técnicas de los paneles, como son potencia pico, área que ocupa, y otras características según los fabricantes, nos permite saber la cantidad necesaria elementos y el área que ocupa, para nuestro caso tomamos referencia al catálogo de Masdar PV GmbH. Anexo 8.

**Tabla 9: características técnicas de operación de paneles Solar**

<b>Fabricante</b>	<b>SunDay Energy</b>
Potencia máxima nominal (Pmax)	540W
Voltaje de funcionamiento óptimo (Vmp)	48.95V
Corriente de funcionamiento óptima (Imp)	11.04A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	59.54V
Corriente de cortocircuito (Isc)	11.46A
Eficiencia del módulo	20.57%
Tolerancia de potencia	0 to + 6W
Voltaje máximo del sistema	DC 1500V
Temperatura de funcionamiento	-40°C~+85°C
Clasificación máxima del fusible de la serie	30A
Número de diodo de derivación	4
Tipo de célula	158.75mm x 158.75mm
Arreglo celular	96 celdas en serie
Dimensiones	1980 x 1326 x 45 mm (con barra flexionada en el medio)
peso	28kg
Portada	Vidrio templado de 3,2 mm
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
Coefficiente de temperatura (Pmax)	-0.370% / °C
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0.290% / °C
Coefficiente de temperatura (Isc)	0.05% / °C
Operación normal Temperatura celular	45.3 ± 2 °C

Elaboración Propia

**Potencia**

Al ser una instalación significativa, nos interesa optar por módulos con la mayor potencia posible que se tiene disponible en la actualidad. Interesan paneles del rango de 450-580Wp de potencia.



## **Rendimiento**

El rendimiento en una celda solar, es la cantidad de energía que es capaz de generar un panel solar fotovoltaico en función de la energía solar incidente que recibe.

En condiciones ideales se considera, que el sol "envía" una irradiancia de 1000W/m<sup>2</sup> de potencia a una temperatura de 25°C. Y a partir de ese dato, podremos saber el rendimiento, o la eficiencia, que tiene una placa solar.

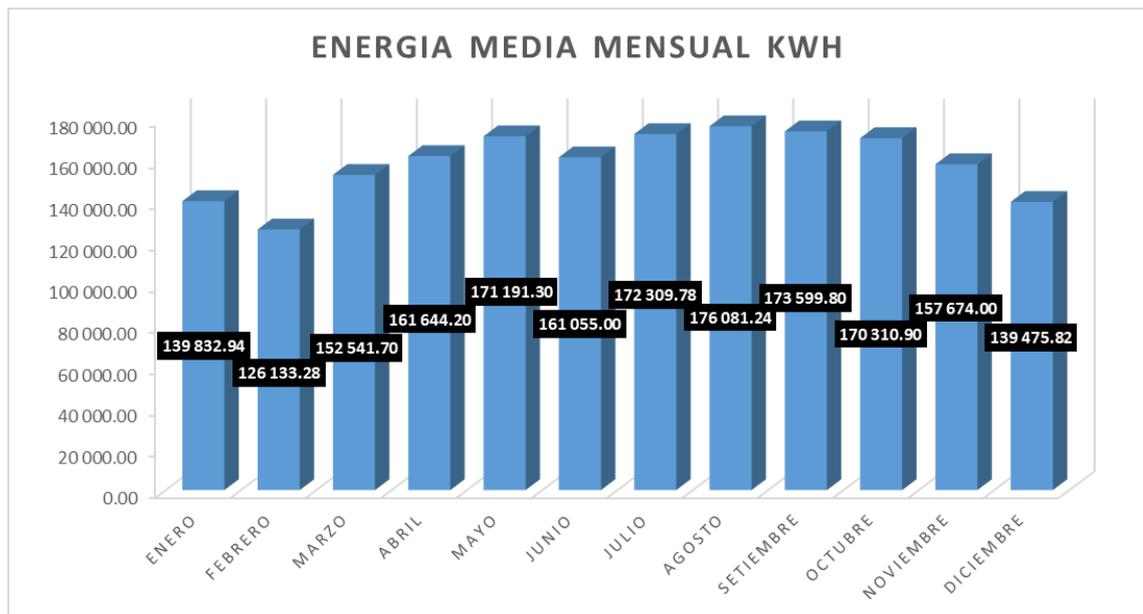
El cálculo del rendimiento de las placas fotovoltaicas, se da de la siguiente manera.

Eficiencia=Potencia Pico/Irradiación x área

Identificado el tipo panel a usar para la evaluación, no remitimos a las características que el fabricante nos proporciona, para que nuestro sistema genere la cantidad de 1.08MW, la configuración constara de dos generadores cada una formada por 926 paneles de 540W de potencia pico, como se muestra en la tabla 8, todas estas del tipo silicio monocristalino.

### **4.3.4. Energía generada**

De acuerdo a los cálculos realizado por el programa, La energía total anual producida por la instalación fotovoltaica en evaluación de es 1 901 849.96 kWh. En la figura 30 se muestra los valores energéticos mensuales producidos por la instalación fotovoltaica proyectada.



**Figura 30: Generación de energía eléctrica media mensual**

Elaboración propia

De acuerdo a la figura 30, La mayor producción de energía se produce en el mes de agosto con un total de 176081.24 kWh.

La menor producción de energía se da en el mes de febrero con un total de 126133.28 kWh, como se muestra en el grafico

La producción mensual de energía se muestra en el anexo 6.

#### **4.4. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE EMISIÓN DE GEI**

El GEI es el Componente gaseoso de la atmosfera, tanto natural como antropogénico que absorbe y emite radiación en longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. En este caso el GEI objeto de análisis es: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por actividades humanas proceden de diversas fuentes, en su mayor parte de la combustión de combustibles fósiles utilizados en la generación de energía, el transporte, los procesos industriales, y los edificios residenciales y comerciales. El CO<sub>2</sub> también se emite en el curso de ciertos procesos industriales, como la fabricación de cemento o la producción de hidrógeno, o durante la combustión de biomasa.

#### 4.4.1. Identificación de GEI

Para la evaluación sólo se considera las emisiones de CO<sub>2</sub>, pues ésta es el principal gas de efecto invernadero emitido en la generación de energía eléctrica centrales eléctricas renovable y no renovable por quema de combustibles fósiles. De modo que cuando se hace referencia al total de emisiones de GEI debe entenderse que únicamente se trata de CO<sub>2</sub>. Los datos de factor de emisión para CO<sub>2</sub> de las centrales eléctricas de cada tipo se presentan en la tabla 8.

Los GEI son generados por un rango muy amplio de actividades que el ser humano realiza, entre las que se incluye:

##### 4.4.1.1. GEI en el sector energía

En la tabla 10, se muestran los factores de emisión de centrales de emisión de centrales eléctricas conocidas, los cuales sirven para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 10 factores de Emisiones en kg CO<sub>2</sub> eq/kWh generados por cada uno de los tipos de generación eléctrica en el Perú.**

Tipo de Generación Eléctrica	FE kg CO <sub>2</sub> eq/kWh
Quema de carbón	1,350
Quema de petróleo	1,290
Gas natural, centrales ciclo combinado	0,755
Gas natural, planta de energía convencional	0,415
Quema de biogás	0,251
Energía Fotovoltaica	0,083
Energía producida por biomasa	0,053
Eólica, 1-3MW, en tierra	0,021
Eólica, menor a 1 MW, en tierra	0,020
Energía hidráulica	0,007

Fuente (Verán Leigh & Vázquez Rowe, 2017)



#### 4.4.2. Cuantificación de emisiones de CO<sub>2</sub> central FV

La metodología utilizada para la evaluación consiste en realizar una comparación entre las emisiones realizadas por la central fotovoltaica en evaluación y las centrales eléctricas de la tabla 10.

Para obtener la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> se aplicará la ecuación 2. El producto de la energía eléctrica generada de la sección 4.3.4. Por el factor de emisión indicado en la tabla 10 en kWh, el FE para energía solar es el siguiente:

FE: 0.083

$$\text{Emision (kg CO}_2) = \text{EGenerada(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2/\text{kWh)} \quad (02)$$

Donde:

- Emision (kg CO<sub>2</sub>): Emisiones directas en kgCO<sub>2</sub>
- EGenerada(kWh): Energía generada en kWh
- FE (kgCO<sub>2</sub>/kWh): Factor de emisión en kgCO<sub>2</sub>/kwh

##### 4.4.2.1. Emisiones CO<sub>2</sub> en enero

Reemplazando los valores en la ecuación dada, tenemos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 139\,832.94(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 11\,606.13$$

Efectuando la operación, en el mes de enero nos resulta una emisión de 11 606.13 kg de CO<sub>2</sub>

##### 4.4.2.2. Emisiones CO<sub>2</sub> en febrero

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 126\,133.28(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 10\,469.06$$



Una vez realizada la operación, las emisiones para el mes de febrero es de 10 469.06 kg de CO<sub>2</sub>.

#### **4.4.2.3. Emisiones CO<sub>2</sub> en marzo**

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 152\,541.70(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 12\,660.96$$

Una vez efectuada la operación, la emisión para el mes de marzo de 12 660.96 kg de CO<sub>2</sub>.

#### **4.4.2.4. Emisiones CO<sub>2</sub> en abril**

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 161\,644.20(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 13\,416.47$$

Una vez efectuada la operación, la emisión para el mes de abril de 13 416.47 kg de CO<sub>2</sub>.

#### **4.4.2.5. Emisiones CO<sub>2</sub> en mayo**

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 171\,191.30(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 14\,208.88$$

Una vez efectuada la operación, la emisión generada para el mes de mayo es de 14 208.88 kg de CO<sub>2</sub>.

#### **4.4.2.6. Emisiones CO<sub>2</sub> en junio**

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 161\,055.00(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 13\,367.57$$

Una vez efectuada la operación, la emisión generada en el mes de junio es de 13 367.57 kg de CO<sub>2</sub>.



#### 4.4.2.7. Emisiones CO<sub>2</sub> en julio

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 172\,309.78(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 14\,301.71$$

Una vez efectuada la operación, la emisión generada en el mes de julio es de 14 301.71 kg de CO<sub>2</sub>.

#### 4.4.2.8. Emisiones CO<sub>2</sub> En Agosto

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 176\,081.24(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 14\,614.74$$

Una vez efectuada la operación, la emisión generada en el mes de agosto es de 14 614.74 kg de CO<sub>2</sub>.

#### 4.4.2.9. Emisiones CO<sub>2</sub> en septiembre

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 173\,599.80(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 14\,408.78$$

Una vez efectuada la operación, la emisión generada en el mes de septiembre es de 14 408.78kg de CO<sub>2</sub>.

#### 4.4.2.10. Emisiones CO<sub>2</sub> en octubre

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 170\,310.90(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 14\,135.80$$

Una vez efectuada la operación, la emisión generada en el mes octubre es de 14 135.80 kg de CO<sub>2</sub>.

#### 4.4.2.11. Emisiones CO<sub>2</sub> en noviembre

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 157\,674.00(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 13\ 086.94$$

Una vez efectuada la operación, la emisión generada en el mes noviembre es de 13 086.94kg de CO<sub>2</sub>.

#### 4.4.2.12. Emisiones CO<sub>2</sub> en diciembre

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 139\ 475.82(\text{kWh}) \times 0.083 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 11\ 576.49$$

Una vez efectuada la operación, la emisión generada en el mes diciembre es de 11 576.49 kg de CO<sub>2</sub>.

Al Realizar las operaciones para los 12 meses, lo resumimos en la tabla 11.

**Tabla 11: Emisión mensual de CO<sub>2</sub> de un sistema de generación fotovoltaico en kg CO<sub>2</sub>/kWh**

Mes	Energia media Mensual kWh	Factor de Emision	kg CO <sub>2</sub> /kWh
Enero	139 832.94	0.083	11 606.13
Febrero	126 133.28	0.083	10 469.06
Marzo	152 541.70	0.083	12 660.96
Abril	161 644.20	0.083	13 416.47
Mayo	171 191.30	0.083	14 208.88
Junio	161 055.00	0.083	13 367.57
Julio	172 309.78	0.083	14 301.71
Agosto	176 081.24	0.083	14 614.74
Setiembre	173 599.80	0.083	14 408.78
Octubre	170 310.90	0.083	14 135.80
Noviembre	157 674.00	0.083	13 086.94
Diciembre	139 475.82	0.083	11 576.49
Anual	Total (kg CO <sub>2</sub> /kWh)		157 853.55

Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla 11 la suma de las emisiones efectuadas durante el periodo de un año es de 157,853.55 kg CO<sub>2</sub>.

También podemos ver en la tabla 11 que la mayor emisión de CO<sub>2</sub> durante el periodo de un año, se da en el mes agosto, con un valor de 14,614.74 kg CO<sub>2</sub>.



De la tabla 11, también podemos obtener que el mes con la menor cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> es febrero con 10,469.06 kg de CO<sub>2</sub>.

#### 4.4.3. Cuantificación de emisiones de CP Sora

Para de determinar las emisiones del CP de Sora, vamos a multiplicar el consumo mensual de la energía eléctrica por el factor de emisión del Sistema eléctrico interconectado nacional (0.615), haciendo uso de la ecuación 3.

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE} \left( \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \right) \quad (03)$$

Donde:

- Emision (kg CO<sub>2</sub>): Emisiones directas en kgCO<sub>2</sub>
- Econsumida(kWh): Energía generada en kWh
- FE (kgCO<sub>2</sub>/kWh): Factor de emisión en kgCO<sub>2</sub>/kwh

##### 4.4.3.1. Emisiones en enero

Consumo energía en enero: 2255.56 kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 2255.56(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 1387.169$$

##### 4.4.3.2. Emisiones en febrero

Consumo energía en febrero: 2037.28 kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 2037.28(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$



$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 1252.927$$

#### 4.4.3.3. Emisiones en marzo

Consumo energía en marzo: 2255.56 kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 2255.56(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 1387.169$$

#### 4.4.3.4. Emisiones en abril

Consumo energía en abril: 2182.80 kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 2182.80(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 1342.422$$

#### 4.4.3.5. Emisiones en mayo

Consumo energía en mayo: 2255.56 kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 2255.56(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 1387.169$$



#### 4.4.3.6. Emisiones en junio

Consumo energía en junio: 2182.80 kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 2182.80(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 1342.422$$

#### 4.4.3.7. Emisiones en julio

Consumo energía en julio: 2255.56 kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 2255.56(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 1387.169$$

#### 4.4.3.8. Emisiones en agosto

Consumo energía en agosto: 2255.56kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 2255.56(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2\text{)} = 1387.169$$

#### 4.4.3.9. Emisiones en setiembre

Consumo energía en setiembre: 2182.80kW



Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2) = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 2182.80(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1342.422$$

#### **4.4.3.10. Emisiones en octubre**

Consumo energía en octubre: 2255.56kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2) = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 2255.56(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1387.169$$

#### **4.4.3.11. Emisiones en noviembre**

Consumo energía en noviembre: 2182.80kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2) = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 2182.80(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1342.422$$

#### **4.4.3.12. Emisiones en diciembre**

Consumo energía en diciembre: 2255.56kW

Factor d emisión SEIN: 0.615

$$\text{Emision (kg CO}_2) = \text{EConsumida(kWh)} \times \text{FE (kgCO}_2/\text{kWh)}$$



$$\text{Emision (kg CO}_2) = 2255.56(\text{kWh}) \times 0.615 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1387.169$$

**Tabla 12: emisiones generadas en el centro poblado de sora**

Mes	Potencia Instalada diario (kW)	Consumo Mensual (kW)	F.E. SEIN kg CO2/kwh	Emision Mensual kg CO2
Enero	72.76	2255.56	0.615	1387.169
Febrero	72.76	2037.28	0.615	1252.927
Marzo	72.76	2255.56	0.615	1387.169
Abril	72.76	2182.80	0.615	1342.422
Mayo	72.76	2255.56	0.615	1387.169
Junio	72.76	2182.80	0.615	1342.422
Julio	72.76	2255.56	0.615	1387.169
Agosto	72.76	2255.56	0.615	1387.169
Setiembre	72.76	2182.80	0.615	1342.422
Octubre	72.76	2255.56	0.615	1387.169
Noviembre	72.76	2182.80	0.615	1342.422
Diciembre	72.76	2255.56	0.615	1387.169
<b>TOTAL</b>		<b>26557.40</b>		<b>16332.80</b>

Elaboración propia.

Realizado los cálculos de emisión de dióxido de carbono para el centro poblado de Sora durante un año, es como se muestra en la tabla 12, se llega a emitir 16 332.80 Kilogramos de dióxido de carbono al medio ambiente.

#### 4.5. EMISIONES DE CO2 POR CENTRALES ELÉCTRICAS DEL SEIN

Para determinar las emisiones de kg CO<sub>2</sub> eq/kWh de las centrales eléctricas del Sistema eléctrico Interconectado Nacional, multiplicamos por su factor de emisión, tomando como base la energía generada por la central fotovoltaica proyectada, que es de: 1 901 849.96 kWh, a continuación, las emisiones de las centrales eléctricas.

Para determinar la emisión de CO<sub>2</sub>, usamos la ecuación 2.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = E\text{Generada(kWh)} \times FE \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

Donde:



- Emision (kg CO<sub>2</sub>): Emisiones directas en kgCO<sub>2</sub>
- EGenerada(kWh): Energía generada en kWh
- FE (kgCO<sub>2</sub>/kWh): Factor de emisión en kgCO<sub>2</sub>/kwh

Emisiones de kg CO<sub>2</sub> eq/kWh generados por cada uno de los tipos de generación eléctrica en el Perú.

#### 4.4.1. Emisión de CO<sub>2</sub> de centrales térmicas (a carbón)

Factor de emisión (FE): 1,350

Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 1.350 \text{ (kgCO}_2/\text{kWh)}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 2\,567\,497.45$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 2\,567.50$$

De la ecuación, se tiene 2 567 497.45kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.

#### 4.4.2. Emisión de CO<sub>2</sub> de centrales térmicas (a petróleo)

Factor de emisión (FE): 1,290

Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 1,290(\text{kgCO}_2/\text{kWh})$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 2\,453\,386.45$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 2\,453.39$$

De la ecuación, se tiene 2 453 386.45 kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.

#### 4.4.3. Emisión de CO<sub>2</sub> de centrales térmicas de ciclo combinado (gas natural)

Factor de emisión (FE): 0.755



Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 0.755(\text{kgCO}_2/\text{kWh})$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,435\,896.72$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 1\,435.90$$

De la ecuación, se tiene 1 435 896.72 kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.

#### **4.4.4. Emisión de CO<sub>2</sub> de central térmica convencional (gas natural)**

Factor de emisión (FE): 0.415

Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 0.415(\text{kgCO}_2/\text{kWh})$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 789\,267.73$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 789.27$$

De la ecuación, se tiene 789 267.73 kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.

#### **4.4.5. Emisión de CO<sub>2</sub> de central térmica (a biogás)**

Factor de emisión (FE): 0.251

Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 0.251(\text{kgCO}_2/\text{kWh})$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 477\,364.34$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 477.36$$

De la ecuación, se tiene 477 364.34 kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.



#### 4.4.6. Emisión de CO<sub>2</sub> de central térmica (a biomasa)

Factor de emisión (FE): 0.053

Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 0.053(\text{kgCO}_2/\text{kWh})$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 100\,798.05$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 100.80$$

De la ecuación, se tiene 100 798.05 kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.

#### 4.4.7. Emisión de CO<sub>2</sub> de central eólico (1-3 MW)

Factor de emisión (FE): 0.021

Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 0.021(\text{kgCO}_2/\text{kWh})$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 39\,938.85$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 39.94$$

De la ecuación, se tiene 39 938.85 kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.

#### 4.4.8. Emisión de CO<sub>2</sub> por central eólico (menor a 1 MW)

Factor de emisión (FE): 0.020

Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 0.020(\text{kgCO}_2/\text{kWh})$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 38\,037.00$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 38.04$$

De la ecuación, se tiene 38 037.00 kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.

#### 4.4.9. Emisión de CO<sub>2</sub> por central hidráulico (menor a 20 MW)

Factor de emisión (FE): 0.007

Utilizando la ecuación 2, determinamos la cantidad GEI emitidos.

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 1\,901\,849.96(\text{kWh}) \times 0.007 \text{kgCO}_2/\text{kWh}$$

$$\text{Emision (kg CO}_2) = 13\,312.95$$

$$\text{Emision (Tn CO}_2) = 13.31$$

De la ecuación, se tiene 13 312.95 kg de CO<sub>2</sub> generados durante un año.

De acuerdo a las operaciones realizadas, las emisiones generadas en un año son como se presenta en la tabla 13.

**Tabla 13: emisión de dióxido de carbono en kg CO<sub>2</sub>/año**

Tipo de central Eléctrica	kg CO <sub>2</sub> eq/año	Tn CO <sub>2</sub> eq/año
Central térmica (a carbón)	2,567,497.45	2,567.50
Central Térmica (a petróleo)	2,453,386.45	2,453.39
Central térmica de ciclo combinado (gas natural)	1,435,896.72	1,435.90
Emisión de CO <sub>2</sub> SEIN	1,169,637.73	1,169.64
Central térmica convencional (gas natural)	789,267.73	789.27
Central térmica (a biogás)	477,364.34	477.36
Energía Fotovoltaica	157,853.55	157.85
Central térmica (a biomasa)	100,798.05	100.80
Central eólico (1-3 MW, en tierra)	39,938.85	39.94
Central eólico (menor a 1 MW), en tierra	38,037.00	38.04
Central hidráulico (menor a 20 MW)[1]	13,312.95	13.31

Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla 13, las centrales térmicas que generan energía con combustible a base de carbón son la mayor fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional con 2 567 497.45 kg CO<sub>2</sub> /año.



En segundo lugar, de emisiones en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional se encuentra las Centrales Térmicas que usan petróleo como combustible, con una generación de 2 453 386.45kg CO<sub>2</sub> /año.

En tercer lugar, de emisiones del SEIN, encontramos a las centrales térmicas de ciclo combinado que usan en gas natural como combustible, generando 1 435 896.72 kg CO<sub>2</sub> /año.

En cuarto lugar, de emisiones del SEIN, encontramos las Centrales térmicas convencionales que utilizan como combustible el gas natural con 789 267.73 kg CO<sub>2</sub> /año.

En la quinta posición de acuerdo a sus emisiones generadas en el SEIN, esta las Centrales térmicas a biogás, con 477 364.34 kg CO<sub>2</sub> /año.

Como sexto en la tabla se encuentra las Centrales térmicas a biomasa, con una emisión de 100 798.05 kg CO<sub>2</sub> /año.

Como séptimo en la tabla, están las Centrales eólicos de 1-3 MW, en tierra con una emisión de 39 938.85 kg CO<sub>2</sub> /año.

En el octavo lugar de la tabla, ubicamos las Centrales eólicos menor a 1 MW en tierra, con una emisión de 38 037.00 kg CO<sub>2</sub> /año.

En el último lugar de la tabla están las Centrales hidráulicos menor a 20 MW, con una emisión de 13 312.95 kg CO<sub>2</sub> /año.

#### **4.6. EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EVITADAS**

Para determinar las emisiones evitadas, partimos de los datos de generación de energía eléctrica que hemos desarrollado en el proyecto que es de: 1 901 849.96 kWh y cantidad de CO<sub>2</sub> generada por esta 157 853.55 kg. Haciendo uso de la ecuación 04

$$EmEV \text{ (kg CO}_2\text{/año)} = EmCH_x \text{ (kg CO}_2\text{/año)} - EmCF \text{ (kg CO}_2\text{/año)} \quad (04)$$

Donde

- EmEV (kg CO<sub>2</sub>/año): emisiones evitadas en kgCO<sub>2</sub>



- $Em_{CF}$ (kg CO<sub>2</sub>/año): emisión de la central fotovoltaica del proyecto 157,810.47kg CO<sub>2</sub>
- $Em_{CH_x}$ (kg CO<sub>2</sub>/año): emisión de la central eléctrica en evaluación en KG de CO<sub>2</sub>.

#### 4.6.1. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas (a carbón)

Emisión de Central térmica (a carbón): 2 567 497.45 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una central térmica a carbón, hacemos uso de la ecuación 3 y datos de la tabla 13.

$$Em_{EV} \text{ (kg CO}_2\text{/año)} = 2\,567\,497.45 \text{ (kg CO}_2\text{/año)} - 157\,853.55 \text{ (kg CO}_2\text{/año)}$$

$$Em_{EV} \text{ (kg CO}_2\text{/año)} = 2\,409\,643.90$$

De la operación anterior, se tiene 2 408 986.28 kg CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una central térmica a carbón.

#### 4.6.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas (a petróleo)

Emisión de CO<sub>2</sub> de Central Térmica (a petróleo): 2 453 386.45 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una central térmica a petróleo, hacemos uso de la ecuación 3 y datos de la tabla 13.

$$Em_{EV} \text{ (kg CO}_2\text{/año)} = 2\,453\,386.45 \text{ (kg CO}_2\text{/año)} - 157\,853.55 \text{ (kg CO}_2\text{/año)}$$

$$Em_{EV} \text{ (kg CO}_2\text{/año)} = 2\,295\,532.90$$

De la operación anterior, se tiene 2 295 532.90 kg CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una central térmica a petróleo.

#### 4.6.3. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas de ciclo combinado (gas natural)

Emisión de CO<sub>2</sub> de Central térmica de ciclo combinado (gas natural): 1 435 896.72kg CO<sub>2</sub>/año



Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una central térmica a petróleo, hacemos uso de la ecuación 3 y datos de la tabla 10.

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 1\,435\,896.72(\text{kg CO}_2\text{/año)} - 157\,853.55(\text{kg CO}_2\text{/año)}$$

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 1\,278\,043.17$$

De la operación anterior, se tiene 1 278 043.17 kg CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una central térmica de ciclo combinado (gas natural)

#### **4.6.4. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas del SEIN**

Emisión de CO<sub>2</sub> de SEIN: 1 169 637.73 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas del SEIN, hacemos uso de la ecuación 3 y datos de la tabla 10.

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 1\,169\,637.73(\text{kg CO}_2\text{/año)} - 157\,853.55(\text{kg CO}_2\text{/año)}$$

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 1\,011\,784.18$$

De la operación anterior, se tiene 1 011 784.18 kg CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al inyectar energía fotovoltaica al SEIN.

#### **4.6.5. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de central térmicas convencionales (gas natural)**

Emisión de CO<sub>2</sub> de Central térmica convencional (gas natural): 789 267.73 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una central térmica a petróleo, hacemos uso de la ecuación 3 y datos de la tabla 10.

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 789\,267.73(\text{kg CO}_2\text{/año)} - 157\,853.55(\text{kg CO}_2\text{/año)}$$

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 631\,414.19$$

De la operación anterior, se tiene 631 414.19 kg CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una Central térmica convencional (gas natural)



#### 4.6.6. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas (a biogás)

Emisión de co<sub>2</sub> de Central térmica (a biogás): 477 364.34 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una central térmica a petróleo, hacemos uso de la ecuación y datos de la tabla

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 477\,364.34(\text{kg CO}_2\text{/año)} - 157\,853.55(\text{kg CO}_2\text{/año)}$$

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 319\,510.79$$

De la operación anterior, se tiene 319 510.79 kg CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una Central térmica (a biogás).

#### 4.6.7. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de centrales térmicas (a biomasa)

Emisión de CO<sub>2</sub> de Central térmica (a biomasa): 100 798.05 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una Central térmica (a biomasa), hacemos uso de la ecuación 3 y datos de la tabla 10.

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 100\,798.05(\text{kg CO}_2\text{/año)} - 157\,853.55(\text{kg CO}_2\text{/año)}$$

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = -57\,055.50$$

De la operación anterior, se tiene -57 055.50 kg CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una Central térmica (a biomasa)

#### 4.6.8. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de centrales eólicos (1-3 MW, en tierra)

Emisión de CO<sub>2</sub> de Central eólico (1-3 MW), en tierra: 39 938.85 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una Central eólico (1-3 MW, en tierra), hacemos uso ecuación 3 y datos de la tabla 10.

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 39\,938.85(\text{kg CO}_2\text{/año)} - 157\,853.55(\text{kg CO}_2\text{/año)}$$

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = -117\,914.70$$



De la operación anterior, se tiene -117 914.70 kg de CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una Central eólico (1-3 MW, en tierra)

#### **4.6.9. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de centrales eólicos (menor a 1 MW), en tierra**

Emisión de CO<sub>2</sub> de Central eólico (menor a 1 MW), en tierra: 38 037.00 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una Central eólico (menor a 1 MW), en tierra, en tierra, hacemos uso de la ecuación 3 y datos de la tabla 10.

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 38\ 037.00(\text{kg CO}_2\text{/año)} - 157\ 853.55(\text{kg CO}_2\text{/año)}$$

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = -119\ 816.55$$

De la operación anterior, se tiene -119 816.55 kg de CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una Central eólico (1-3 MW), en tierra

#### **4.6.10. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas de centrales hidráulicos (menor a 20 MW)**

Emisión de CO<sub>2</sub> de Central hidráulico (menor a 20 MW): 13 312.95 kg CO<sub>2</sub>/año

Para determinar los kg de CO<sub>2</sub> evitadas de una Central hidráulico 0.007 (menor a 20 MW), en tierra, hacemos uso de la ecuación 3 y datos de la tabla 10.

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = 13\ 312.95(\text{kg CO}_2\text{/año}) - 157\ 853.55(\text{kg CO}_2\text{/año)}$$

$$\text{EmEV (kg CO}_2\text{/año)} = -144\ 540.60$$

De la operación anterior, se tiene -144 540.60 kg de CO<sub>2</sub> que se dejan de emitir, al dejar de hacer uso de una Central hidráulico (menor a 20 MW)

De las comparaciones anteriores, los resultados se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14: Cuadro comparativo de: emisiones evitadas de la central fotovoltaica frente a las centrales eléctricas del SEIN en kg de CO<sub>2</sub>/kWh al año.**

ITEM	Central fotovoltaica	Emision kg CO <sub>2</sub> /año	Centrales Electricas SEIN	Emision kg CO <sub>2</sub> /año <sup>2</sup>	Emisiones evitadas CO <sub>2</sub> kg/año
1	Central fotovoltaica	157 853.55	Central térmica (a carbón)	2 567 497.45	2 409 643.90
2			Central Térmica (a petróleo)	2 453 386.45	2 295 532.90
3			Central térmica de ciclo combinado (gas natural)	1 435 896.72	1 278 043.17
4			Central térmica convencional (gas natural)	789 267.73	631 414.19
5			Central térmica (a biogás)	477 364.34	319 510.79
6			Central térmica (a biomasa)	100 798.05	-57 055.50
7			Central eólico (1-3 MW, en tierra)	39 938.85	-117 914.70
8			Central eólico (menor a 1 MW), en tierra	38 037.00	-119 816.55
9			Central hidráulico (menor a 20 MW)[1]	13 312.95	-144 540.60

Elaboración propia

Realizada las comparaciones y mostrada los resultados en la tabla 14, la mayor la mayor cantidad de emisiones evitadas de dióxido de carbono hacia el medio ambiente, se da con la energía provenientes de centrales térmicas a carbón al dejar de liberar 2 409 643.90 kg CO<sub>2</sub>/año.

De acuerdo a la tabla 14, En segundo lugar, se encuentra las centrales térmicas de petróleo, permitiendo evitar las emisiones de dióxido de carbono hacia el medio ambiente en 2 294 906.42 kg CO<sub>2</sub>/año.

En tercer lugar, de la tabla 14, encontramos las centrales térmicas de ciclo combinado de a gas natural, que nos permiten evitar la emisión de 1 278 043.17 kg de CO<sub>2</sub>/año.

En la cuarta posición de la tabla 14 de comparaciones, se ubica las centrales convencionales a gas natural, que nos permite evitar la emisión de 631 414.19 kg de CO<sub>2</sub>/año.

En la quinta posición de la tabla 14 encontramos a las centrales térmicas a biogás, estas centrales nos permiten evitar la emisión de 319 510.79 kg de CO<sub>2</sub>/año.

En la sexta posición de la tabla se ubica la generación por centrales térmicas a biomasa, estas centrales tienen una emisión menor al de una instalación solar, teniendo una emisión de -57 055.50 kg de CO<sub>2</sub>/año.

En la séptima ubicación, están los centrales eólicos de 1-3 MW, que tiene una generación de gases por debajo de las centrales fotovoltaicas y debajo de las centrales térmicas a biomasa con un valor de -117 914.70 kg de CO<sub>2</sub>/año.



En la octava línea de tabla 14 se encuentra las centrales eólicas con una potencia menor a 1MW, que también está por debajo de las emisiones de una central fotovoltaica con una emisión de -119 816.55 kg de CO<sub>2</sub>/año.

En la última casilla de la tabla 14, encontramos a las centrales hidráulicas con un valor de -144 540.60 kg de CO<sub>2</sub>/año.



## V. CONCLUSIONES

El centro poblado de Sora por sus características y condiciones, es una de las localidades de la región Puno, del Perú y del mundo que dispone de altos niveles de radiación solar que van desde 5.82 kWh/m<sup>2</sup> en mes de junio y hasta 7.64 kWh/m<sup>2</sup> en el mes de noviembre, lo que favorece al uso de sistemas fotovoltaicos en una área de 15,791.93 m<sup>2</sup> para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica de 1 901 849.96 kWh anual con el uso de 1852 paneles de silicio monocristalino con una potencia pico individual de 540W, centralizados por 4 inversores de una potencia nominal de 247 500 W, haciendo una potencia instalada total de 1000.08 kW, para cubrir la demanda del centro poblado de Sora y el restante para la inyección al sistema eléctrico interconectado nacional en beneficio de usuarios de la región y se identificaron cuatro tipos de generación eléctrica en el sistema eléctrico interconectado nacional del Perú (SEIN), compuesto por centrales hidroeléctricas, centrales termoeléctricas, centrales solares y centrales eólicas; de estas centrales identificadas, las que emiten en mayor proporción los gases de dióxido de carbono están las centrales del tipo termoeléctricas a base de carbón con 2,567,497.45 kg de CO<sub>2</sub> por año, termoeléctricas a petróleo con 2,453,386.45 kg de CO<sub>2</sub> por año y termoeléctricas de ciclo combinado a gas natural con 1,435,896.72 kg de CO<sub>2</sub> por año.

Con los resultados obtenidos y luego de las correspondientes comparaciones con la emisión de la central fotovoltaica 157,853.55 kg de CO<sub>2</sub> por año y emisiones del sistema eléctrico interconectado nacional, se ha logrado estimar y obtener las emisiones evitadas en 14,128.54 kg de CO<sub>2</sub> por año para el Centro poblado de Sora y al reemplazar la energía producida por centrales termoeléctricas a carbón la emisión evitada es de 2,409,643.90 kg de CO<sub>2</sub> por año, para centrales termoeléctricas a petróleo las emisiones evitadas es de 2,295,532.90 kg de CO<sub>2</sub> por año y para centrales termoeléctricas la reducción lograda es de 1,278,043.17 kg de CO<sub>2</sub> por año, estos resultados muestran la importancia de aprovechar la energía proveniente de del sol para permitir un desarrollo energético sostenible del centro poblado de Sora y de la región Puno, centrándose en la reducción de emisiones de dióxido de carbono hacia el medio ambiente y evitar el calentamiento global, puesto que la reducción de la contaminación ambiental y calentamiento global está directamente relacionada con la reducción de uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de la energía eléctrica generada a través de paneles fotovoltaicos, que se trata de una energía limpia con bajas emisiones de dióxido de carbono hacia el medio ambiente y, por otro lado, tecnológicamente los sistemas implicados evolucionan muy rápidamente, consiguiendo mejoras continuas en sus prestaciones y calidad, así como en costes de producción

Se recomienda fomentar proyectos de energías renovables aprovechando el enorme potencial fotovoltaico que tiene la región Puno, ya que es el único camino para evitar el calentamiento global y, para ello, es necesario dejar de quemar combustibles fósiles. A pesar de ello, en el Perú el 56,9% generación eléctrica corresponde a las centrales termoeléctricas (gas natural, diésel, carbón y biogás). Sin embargo, como se ha analizado, el abandono de esta práctica no causaría perjuicio alguno sino todo lo contrario: sería beneficioso desde el punto de vista ambiental.



## VII. REFERENCIAS

(s.f.).

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (14 de Febrero de 2020). Descripción general de los gases de efecto invernadero. Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>

Alonso Lorenzo, J. A. (10 de 11 de 2020). SUNFIELDS EUROPE. Obtenido de Radiación Solar: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/radiacion-solar/>

Alvarado Castañeda, R. (2015). Manual para la evaluación técnica-económica de: "Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red apoyados a través del Programa de Fideicomiso de Riesgo Compartido". GIZ México. Mexico D.F.: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Biomass Users Network (BUN-CA). (2002). Manuales Sobre Energía Renovable: Solar Fotovoltaica. Costa Rica: BUN-CA.

Caja Madrid obra social. (2006). Guía de la energía solar. Madrid: Industrias graficas el instalador , S.L.

Castejón, A., & Santamaría, G. (2010). Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Editex.

Cepeda, J., & Sierra, A. (18 de Junio de 2020). Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones. Bogota, Colombia, Colombia. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20efectos%20del%20nivel%20de,de%20energ%C3%ADa%20de%20un%20panel.>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (01 de Julio de 2020). GUÍA METODOLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA A NIVEL SECTORIAL. Bogota, Bogota, Colombia. Obtenido de <https://www.car.gov.co/>: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade1b0319769.pdf>

Domingo, J. (2008). Energías Alternativas. Madrid: Publidisa.



- Dominguez, J. (2008). Energías Alternativas 3ra edición. Antequera España: Equipo Sirius S.A.
- Enel. (04 de Agosto de 2020). Planta Solar Rubí. Obtenido de La nueva era de la energía llegó al Perú: <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/rubi-la-central-solar-de-enel-mas-grande-del-peru.html>
- Engie. (4 de Agosto de 2020). Central solar Intipampa. Obtenido de Central solar Intipampa: <https://engie.pe/2019/03/18/central-solar-intipampa/>
- FONAM. (12 de Junio de 2020). Acerca de FONAM. Obtenido de Fondo Nacional del Medio Ambiente: <https://fonamperu.org.pe/wp-content/uploads/2016/08/protocolo-kyoto.pdf>
- Garcia, F., Yujato, M., & Arenas, A. (2017). Manual de Estadística Energética 2da Edición. Quito: Organización Latinoamericana de Energía.
- Jiménez Herrero, L., Cruz Leiva, J. L., Carballo Peneda, A., & Domench, J. L. (2010). Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono. España: Estudios Gráficos Europeos, S.A.
- Jose, C., Roque, C., Antonio, C., & Manuel, C. (2009). Centrales de Energías Renovables: Generación Eléctrica con Energías Renovables. Madrid - España: Pearson Educacion S.A.
- Ministerio de Energía y Minas. (2012). Documento Promotor del Subsector Electricidad 2012. Lima: Editorial Súper Grafica E.I.R.L.
- Ministerio de Energía y Minas. (2014). Plan Energetico Nacional 2014-2025. Lima: Direccion General de Electricidad.
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). Balance Nacional de Energía. Lima: Dirección General de Eficiencia Energética. Recuperado el 06 de Agosto de 2020, de [http://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=12&idPublicacion=610](http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=12&idPublicacion=610)
- Ministerio de Energía y Minas. (23 de Junio de 2020). Anuario Estadístico de electricidad 2018. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/> : [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Anexo%203\\_2%20Centrales%20%20RER%20No%20Convencionales%202018.pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Anexo%203_2%20Centrales%20%20RER%20No%20Convencionales%202018.pdf)



- Ministerio de Energía y Minas. (01 de Julio de 2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2014. Obtenido de REPORTE SECTORIAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO – 2014: [http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/RAGEI\\_COMBUSTION-ESTACIONARIA\\_VERSION-FINAL.pdf](http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/RAGEI_COMBUSTION-ESTACIONARIA_VERSION-FINAL.pdf)
- Ministerio del ambiente. (30 de Junio de 2020). Guia N° 1: Elaboracion de Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero - Sector Energia. Guia N° 1: Elaboracion de Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero - Sector Energia. Lima, Lima, Peru. Recuperado el 30 de Junio de 2020, de <http://infocarbono.minam.gob.pe>
- Molina, E. d. (14 de Septiembre de 2020). Escuela de Postgrado Univesidad Nacional agraria la Molina. Obtenido de Energía Solar Fotovoltaica: [http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/judith/UNIDAD%203\\_solar%20sfv.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/judith/UNIDAD%203_solar%20sfv.pdf)
- Osinermin. (2019). ENERGÍAS RENOVABLES EXPERIENCIA Y PERSPECTIVAS EN LA RUTA DEL PERÚ HACIA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA. LIMA: GRÁFICA BIBLOS S.A.
- Osinermin. (4 de Agosto de 2020). CENTRAL MAJES SOLAR 20T. Obtenido de División de Supervisión de Electricidad : [https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.1.pdf](https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.1.pdf)
- Osinermin. (4 de Agosto de 2020). CENTRAL PANAMERICANA SOLAR . Obtenido de División de Supervisión de Electricidad: [https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.4.pdf](https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.4.pdf)
- Osinermin. (4 de Agosto de 2020). CENTRAL SOLAR INTIPAMPA (40 MW). Obtenido de División de Supervisión de Electricidad : [https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.7.pdf](https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.7.pdf)
- Osinermin. (4 de Agosto de 2020). CENTRAL SOLAR MOQUEGUA FV. Obtenido de División de Supervisión de Electricidad: [https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.5.pdf](https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.5.pdf)



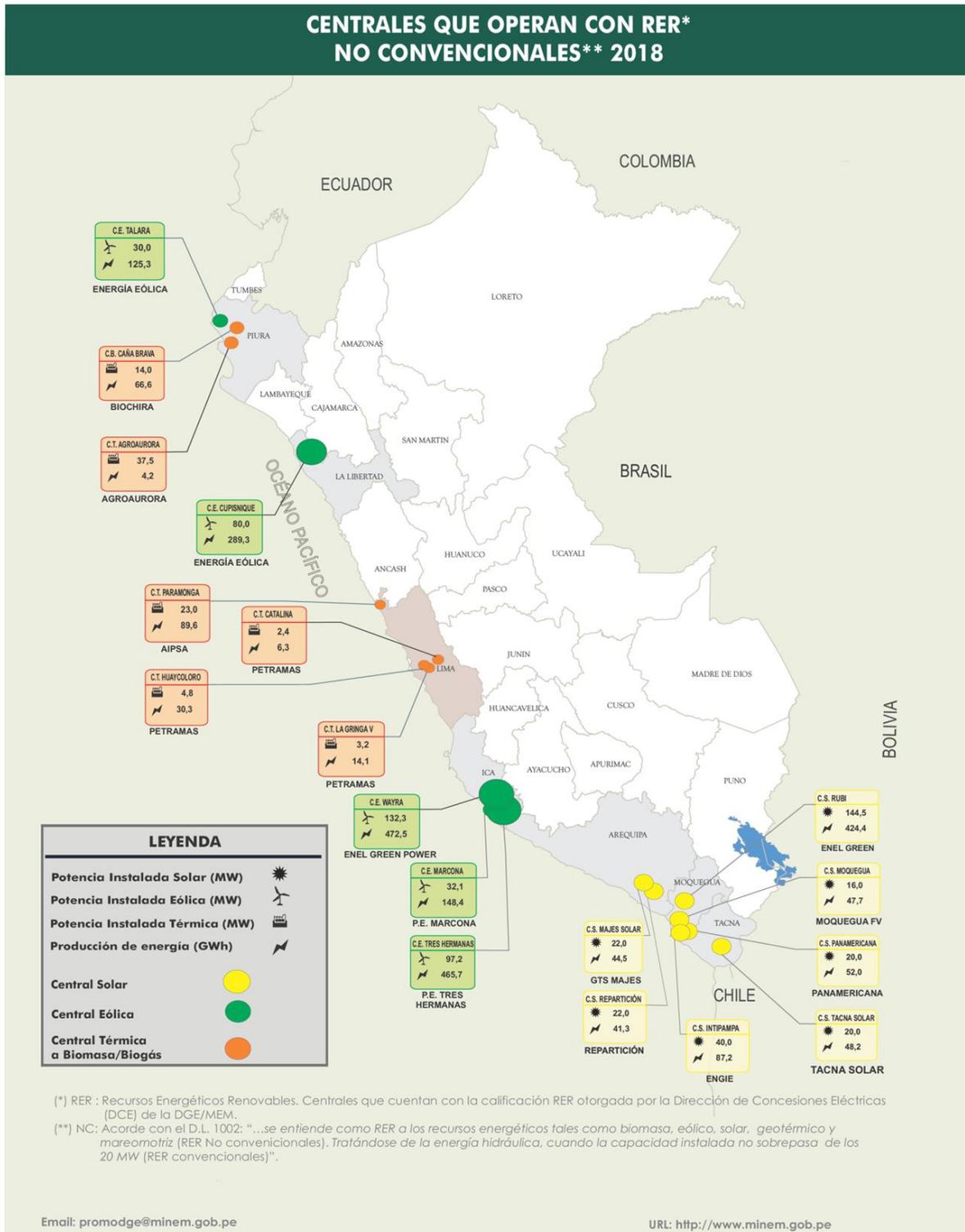
- Osinerghmin. (4 de Agosto de 2020). CENTRAL SOLAR REPARTICIÓN 20T . Obtenido de División de Supervisión de Electricidad:  
[https://www.osinerghmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.2.pdf](https://www.osinerghmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.2.pdf)
- Osinerghmin. (4 de Agosto de 2020). CENTRAL SOLAR RUBÍ (144,48 MW). Obtenido de División de Supervisión de Electricidad:  
[https://www.osinerghmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.6.pdf](https://www.osinerghmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.6.pdf)
- Osinerghmin. (4 de Agosto de 2020). CENTRAL TACNA SOLAR. Obtenido de División de Supervisión de Electricidad:  
[https://www.osinerghmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.3.pdf](https://www.osinerghmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.3.pdf)
- Osinerghmin. (22 de Junio de 2020). <https://www.osinerghmin.gob.pe/>. Obtenido de Energia Solar: <https://www.osinerghmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-solar>
- Paulo Daniel, V. S. (Junio de 2014). Diseño de un Sistema Fotovoltaico para el Suministro de Energía Eléctrica a 15 computadoras Portátiles en la PUCP. Lima, Perú.
- Quispe Tecce, A. (2017). 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. Puno: Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/>
- Saavedra Navarro , K. (2014). CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE EDEGEL S.A.A. EN EL AÑO 2014, SEGÚN METODOLOGÍA DE LA NORMA ISO 1406-1. Piura: Repositorio Institucional de la Universidad de Piura. Recuperado el 03 de Julio de 2020, de <https://pirhua.udep.edu.pe/>
- Salvador Escoda S.A. (2017). Libro Blanco de las Energías Renovables Edición 18.1. Barcelona: Salvador Escoda S.A.
- Senamhi. (5 de Agosto de 2020). Atlas de energía solar del peru. Obtenido de Servicio nacional de meteorología e hidrología del peru:  
[https://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas\\_solar.pdf](https://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas_solar.pdf)



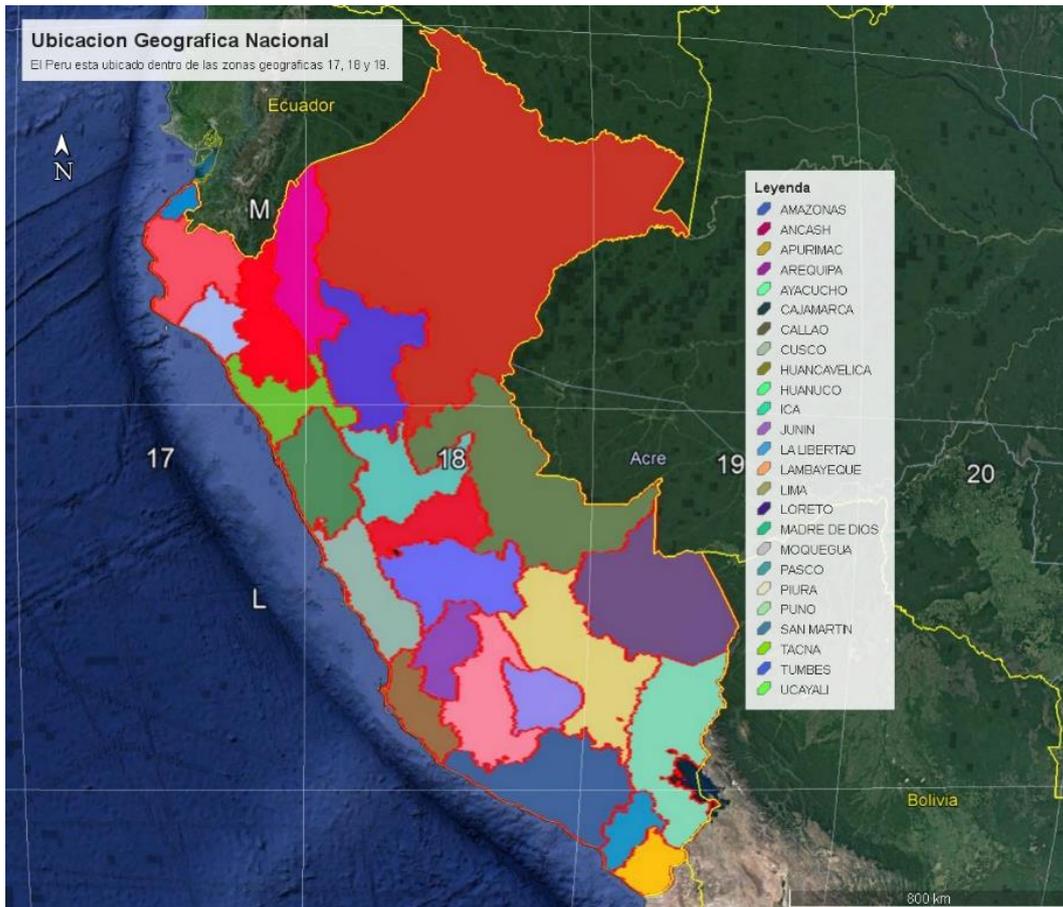
- SENAMHI. (15 de junio de 2020). Datos / Descarga de datos Meteorológicos. Obtenido de Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Peru:  
<https://www.senamhi.gob.pe/>
- Trace Software. (18 de Junio de 2020). ¿CUÁLES SON LOS FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES? Obtenido de <https://www.trace-software.com>:  
<https://www.trace-software.com/es/cuales-son-los-factores-que-afectan-la-eficiencia-de-los-paneles-solares/>
- Vásquez Chigne, L. C., & Zúñiga Anticona, B. M. (2015). Proyecto de Prefactibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica en el Campamento Minero Comihuasa. LIMA: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Vázquez Rowe, I., Quispe, I., Rodríguez, B., Verán, D., Gilardino, A., & Ziegler, K. (2017). Informe de identificación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) en subsectores del Perú y análisis del potencial de mitigación Actividad N° 04. Lima: Departamento de Ingeniería Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Verán Leigh, D., & Vázquez Rowe, I. (2017). Avanzando y midiendo consumo y producción sostenible para una economía baja en carbono en economías de ingresos medios y nuevos países industrializados en Perú; Actividad 8 : Centrales Hidroeléctricas. Lima: Departamento de Ingeniería Pontificia Universidad Católica del Perú.
- World Nuclear Asociation. (24 de Enero de 2020). Producción mundial de minería de uranio, Wolrd Nuclear Asociation. Obtenido de Wolrd Nuclear Asociation: <https://www.world-nuclear.org/>

# ANEXOS

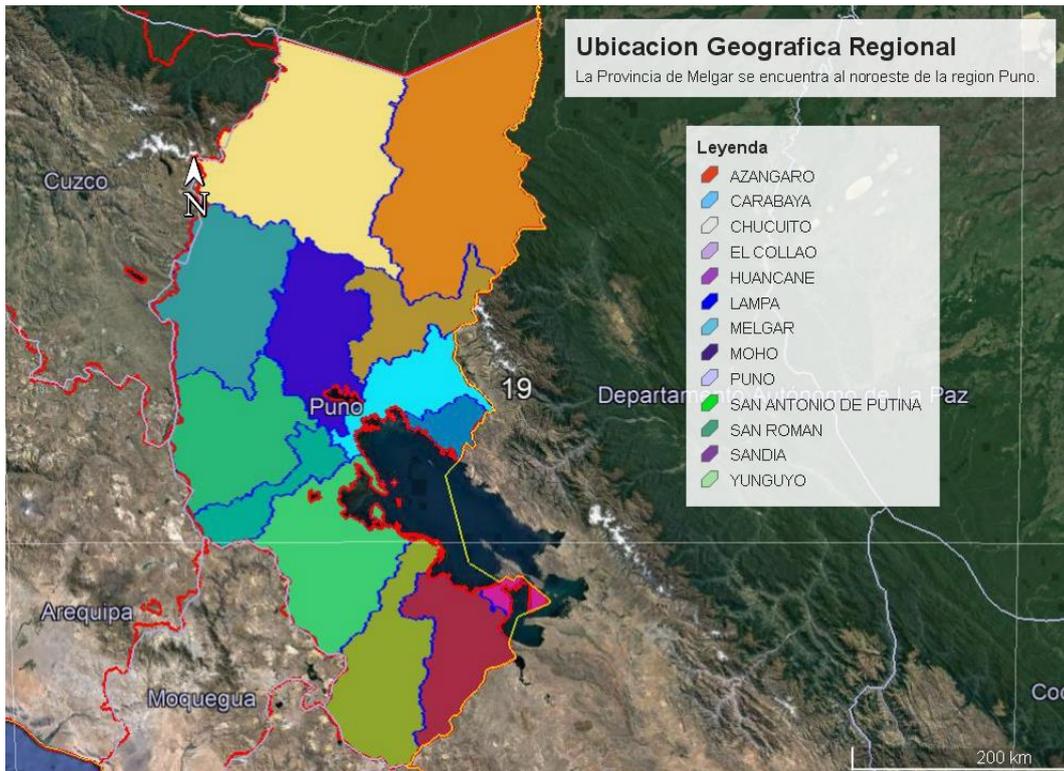
## Anexo N° 1: Mapa de centrales con RER no convencionales



## Anexo N° 2: límites departamentales



### Anexo N° 3: Límites provinciales



## Anexo N° 4: Radiación solar promedio anual del Perú



Fuente: Senamhi

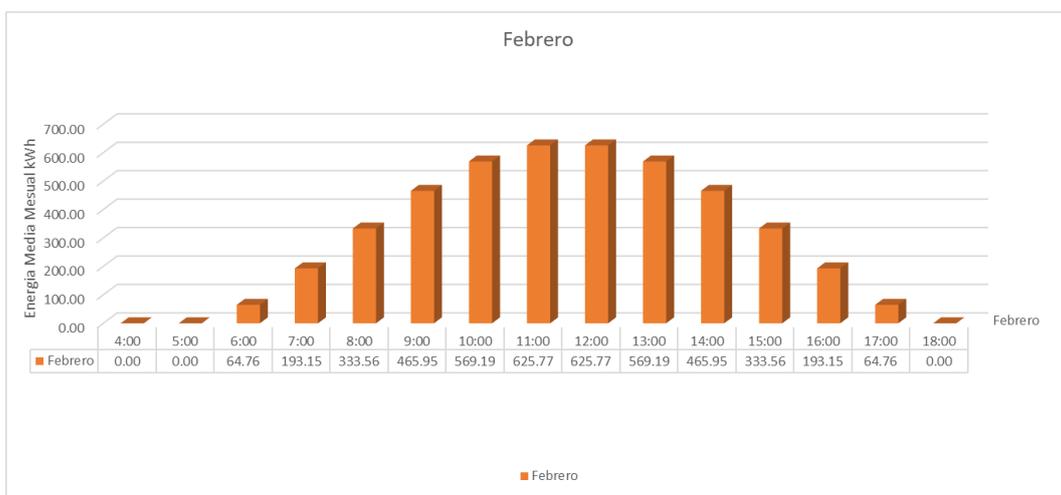
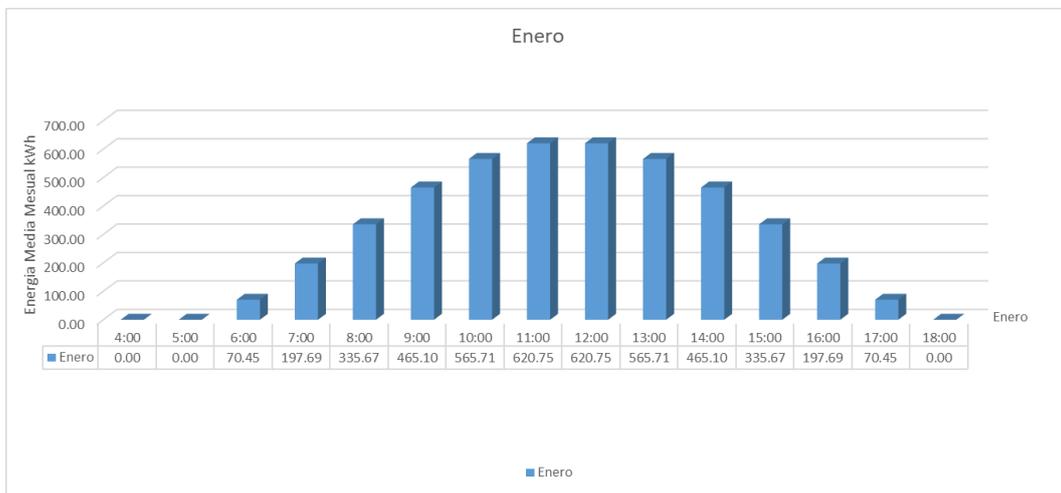
## Anexo N° 5: factores de conversión para unidades energéticas comunes de OLADE

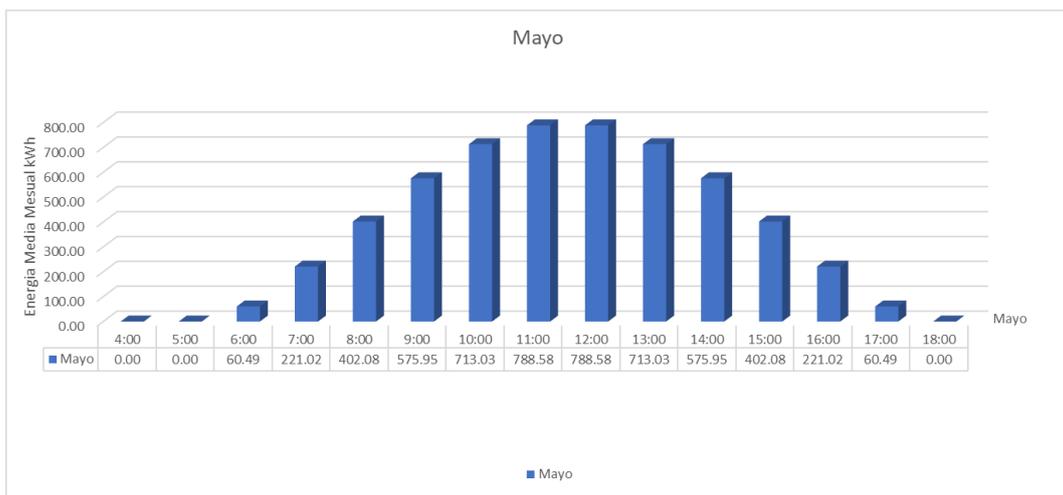
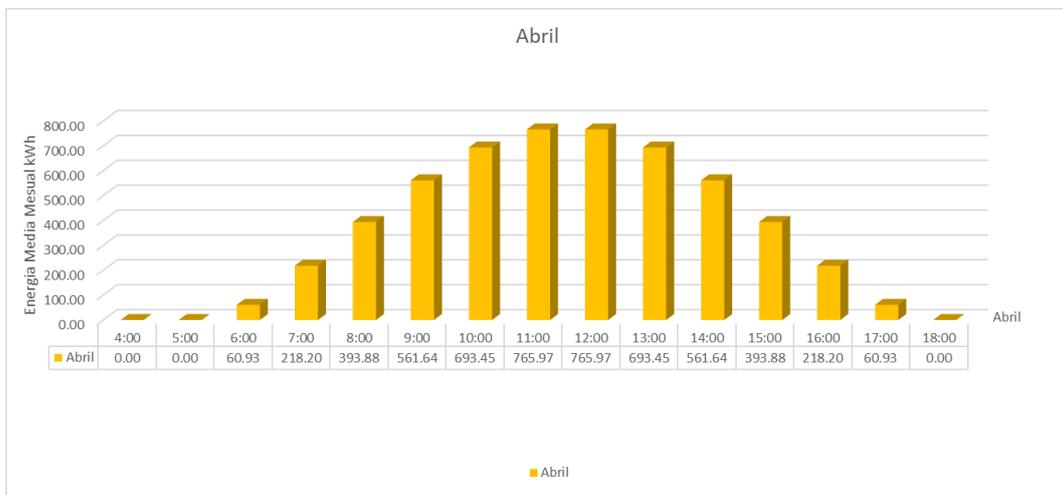
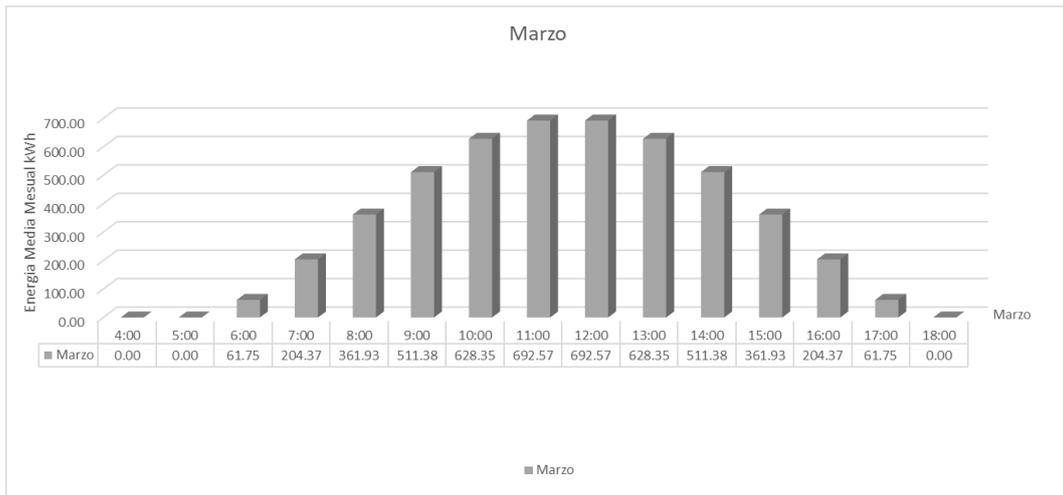
Tabla 30. Factores de conversión para unidades energéticas comunes de OLADE

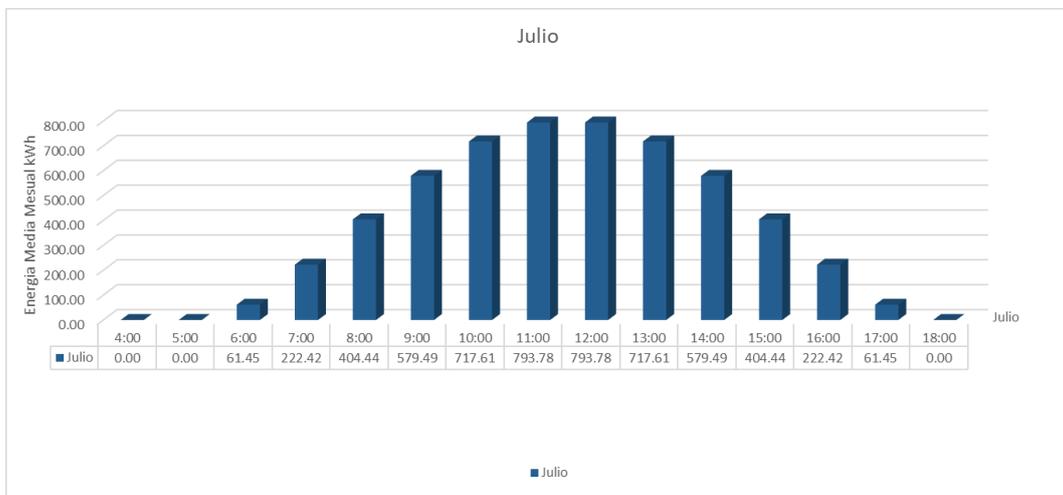
	bep	tep	tec	Tcal	TJ	10 <sup>3</sup> BTU	MWh	kg GLP	m <sup>3</sup> Gas natural	pc Gas natural
bep	1	0,13878	0,198259	0,00139	0,00581	5524,86	1,613944	131,0616	167,207304	5917,15976
tep	7,205649	1	1,428586	0,01	0,04184	39810,22	11,62951	944,3838	1204,83714	42636,9783
tec	5,0439	0,699992	1	0,007	0,029287	27866,85	8,14057	661,0616	843,376919	29845,5621
Tcal	720,5649	100	142,8586	1	4,184	3981022	1162,952	94438,38	120483,714	4263697,6
TJ	172,2191	23,90057	34,14404	0,239005	1	951487	277,9521	22571,31	28796,2988	1019048,19
10 <sup>3</sup> BTU	0,00018	2,51E-05	3,59E-05	2,51E-07	1,05E-06	1,00E+00	0,00029	2,37E-02	0,030265	1,07101
MWh	0,6196	0,08599	0,1228	0,00086	0,0036	3423,2	1	81,20577	103,6016	3666,27219
kg GLP	0,00783	0,00106	0,001513	1,06E-05	4,43E-05	42,15469	0,012314	1	1,27579173	45,147929
m <sup>3</sup> Gas natural	0,00598	0,00083	0,001186	8,30E-06	3,47E-05	33,04198	0,009652	0,783827	1	35,3881657
pc Gas natural	0,00017	2,35E-05	3,35E-05	2,35E-07	9,81E-07	0,933701	0,022149	0,022149	0,02825803	1

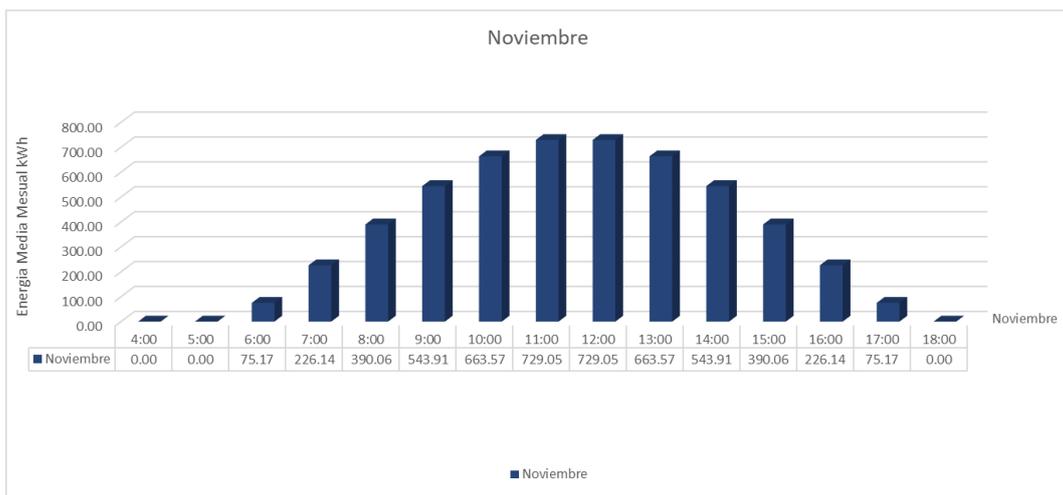
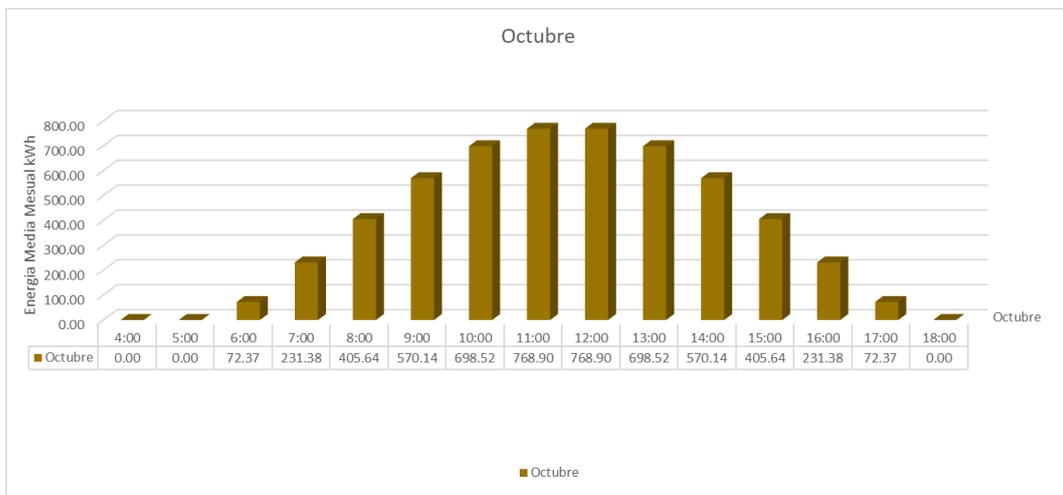
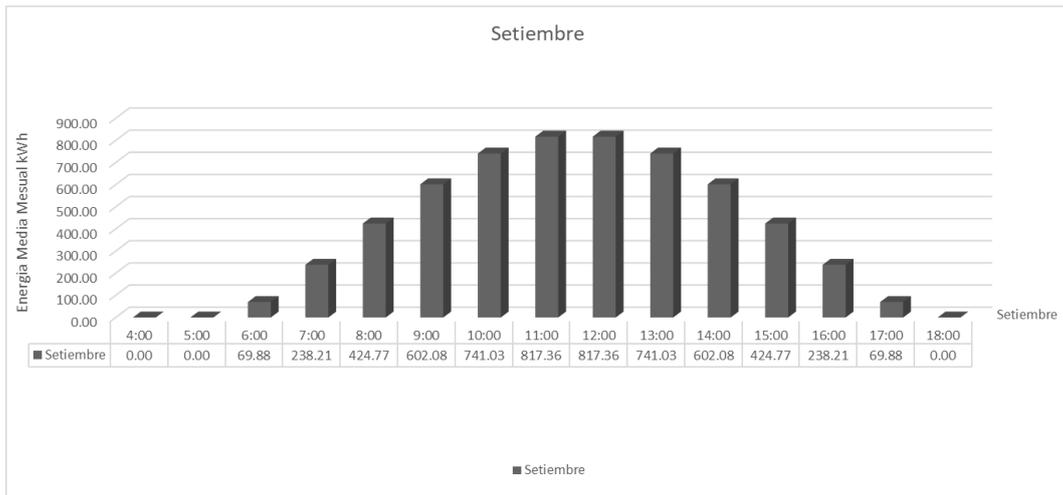
Fuente: SIEE-OLADE

## Anexo N° 6: Producción mensual de energía por meses













## **Anexo N° 7: DISPOSICIÓN Y POSICIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS**

## Anexo N° 8: catalogo SunDay energy

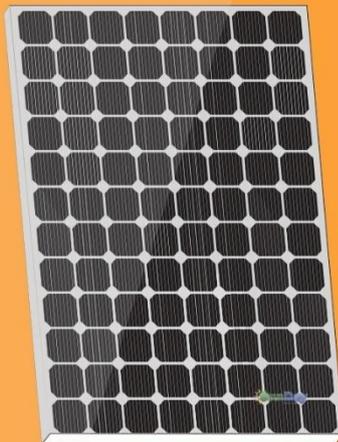
# SDHYPER

"Make Difference, Make Better."

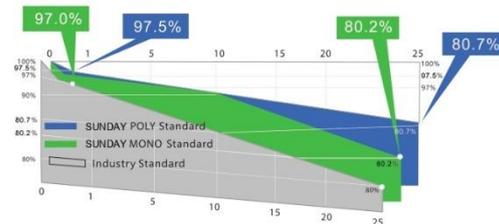
## MONO 510-550w

*Sunday Energy 9BB Mono Modules  
Assembled with the advanced 9busbar-cell technology offer  
advantages of higher power output, reduced series resistance  
loss and lower risk of hotspot. In order to meet the customers'  
requirements of best quality and efficiency.*

### 9BB cells



### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



- 
**9BB** 9BB cell design  
Smaller electric current, less CTM loss  
Lower risk of hotspot
- 
**ISO9001:2015&ISO14001**  
management systems
- 
**IEC** IEC61215 & IEC61730  
standard quality
- 
**Wind load up to 3800Pa**  
Snow load up to 5400Pa
- 
**+6W** 0-6W positive power sorting
- 
**Stable performance under**  
weak light conditions
- 
**25-year power warranty**  
10-year product warranty



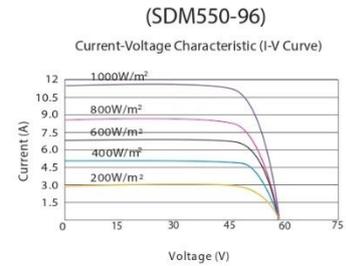
## MONO 510W-550W 9BB cells



### ELECTRICAL PARAMETERS

Model Type	SDM510-96	SDM520-96	SDM530-96	SDM540-96	SDM550-96
Nominal Maximum Power (Pmax)	510W	520W	530W	540W	550W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	48.64V	48.75V	48.86V	48.95V	49.05V
Optimum Operating Current (Imp)	10.49A	10.67A	10.85A	11.04A	11.21A
Open Circuit Voltage (Voc)	59.19V	59.31V	59.46V	59.54V	59.62V
Short Circuit Current (Isc)	10.91A	11.09A	11.28A	11.46A	11.68A
Module Efficiency	19.43%	19.80%	20.19%	20.57%	20.95%
Power Tolerance					0 to +6W
Maximum System Voltage					DC 1500V
Operating Temperature					-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse Rating					30A
Number of Bypass Diode					4

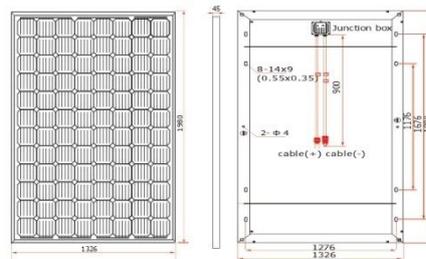
### ELECTRICAL CHARACTERISTICS



### MECHANICAL DATA

Cell Type	158.75mm x 158.75mm
Cell Arrangement	96 cells in series
Dimensions	1980 x 1326 x 45 mm (With bar fixed in the middle)
Weight	28kg
Front Cover	3.2mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67/IP68, 4 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (IEC) / 12AWG (UL), 900mm (650mm is optional)
Connectors	MC4 or MC4 compatible

### PHYSICAL CHARACTERISTICS Unit: mm (inch)



### TEMPERATURE CHARACTERISTICS

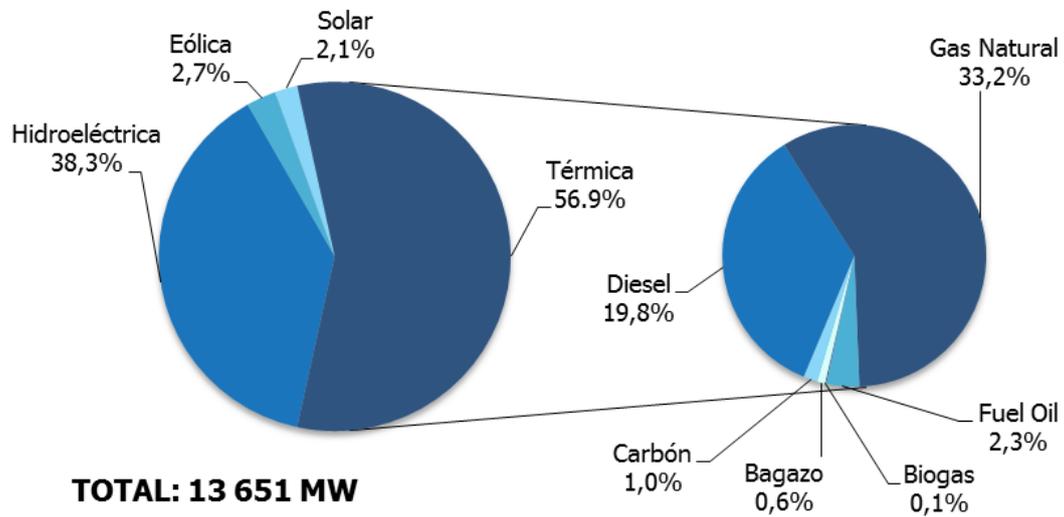
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.370% / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.290% / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05% / °C
Nominal operating Cell Temperature	45.3 ± 2 °C

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and creation, technical data above mentioned may be of modification timely, Sunday Energy has the own right to make such modification at anytime without future notice.

CHANGZHOU SUNDAY ENERGY CO., LTD.  
Tel: +86 0519 6808 1230 Fax: +86 0519 6808 1233  
Email: sales@sundayenergy.cn  
Website: www.sundayenergy.cn



### Anexo N° 8: Participación de tecnologías y fuentes en la potencia instalada mercado eléctrico



Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2018)



## Anexo N° 9: Centrales Electricas SEIN

CENTRALES HIDROELECTRICAS					
CODIGO	NOMBRE	Abreviatura	Empresa	Ubicación	Ficha Técnica
20581	C.H. 8 DE AGOSTO	CENTRAL	GENERACIÓN ANDINA S.A.C.	8 DE AGOSTO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1201	C.H. ARICOTA I	CENTRAL	EGESUR	ARICOTA I	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1202	C.H. ARICOTA II	CENTRAL	EGESUR	ARICOTA II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
260	C.H. CAHUA	CENTRAL	STATKRAFT S.A	CAHUA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
261	C.H. CALLAHUANCA	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	CALLAHUANCA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14792	C.H. CANCHAYLLO	CENTRAL	EMPRESA DE GENERACION ELECTRICA CANCHAYLLO SAC	CANCHAYLLO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18966	C.H. CARHUAC	CENTRAL	ANDEAN POWER S.A.C.	CARHUAC	<a href="#">Ficha Técnica</a>
264	C.H. CARHUAQUERO	CENTRAL	ORAZUL ENERGY PERÚ	CARHUAQUERO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14909	C.H. CARHUAQUERO IV	CENTRAL	ORAZUL ENERGY PERÚ	CARHUAQUERO IV	<a href="#">Ficha Técnica</a>
11842	C.H. CAÑA BRAVA	CENTRAL	ORAZUL ENERGY PERÚ	CAÑA BRAVA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
267	C.H. CAÑON DEL PATO	CENTRAL	ORAZUL ENERGY PERÚ	CAÑON DEL PATO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
15210	C.H. CERRO DEL AGUILA	CENTRAL	KALLPA GENERACION S.A.	CERRO DEL AGUILA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14970	C.H. CHAGLLA	CENTRAL	EMPRESA DE GENERACION HUALLAGA	CHAGLLA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
16277	C.H. CHANCAY	CENTRAL	SINERSA	CHANCAY	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1195	C.H. CHARCANI I	CENTRAL	EGASA	CHARCANI I	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1196	C.H. CHARCANI II	CENTRAL	EGASA	CHARCANI II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1197	C.H. CHARCANI III	CENTRAL	EGASA	CHARCANI III	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1198	C.H. CHARCANI IV	CENTRAL	EGASA	CHARCANI IV	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1199	C.H. CHARCANI V	CENTRAL	EGASA	CHARCANI V	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1200	C.H. CHARCANI VI	CENTRAL	EGASA	CHARCANI VI	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14964	C.H. CHEVES	CENTRAL	STATKRAFT S.A	CHEVES	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1191	C.H. CHIMAY	CENTRAL	CHINANGO S.A.C.	CHIMAY	<a href="#">Ficha Técnica</a>
20589	C.H. EL CARMEN	CENTRAL	GENERACIÓN ANDINA S.A.C.	EL CARMEN (CH)	<a href="#">Ficha Técnica</a>
12600	C.H. EL PLATANAL	CENTRAL	CELEPSA	EL PLATANAL	<a href="#">Ficha Técnica</a>
269	C.H. GALLITO CIEGO	CENTRAL	STATKRAFT S.A	GALLITO CIEGO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18790	C.H. HER 1	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	CH HER 1	<a href="#">Ficha Técnica</a>
270	C.H. HUAMPANI	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	HUAMPANÍ	<a href="#">Ficha Técnica</a>
10609	C.H. HUANCHOR	CENTRAL	HIDROELECTRICA HUANCHOR S.A.C.	HUANCHOR	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14005	C.H. HUANZA	CENTRAL	EMPRESA DE GENERACION HUANZA	HUANZA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13302	C.H. HUASAHUASI I	CENTRAL	EJEJUNIN	HUASAHUASI I	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13303	C.H. HUASAHUASI II	CENTRAL	EJEJUNIN	HUASAHUASI II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
10691	C.H. HUAYLLACHO	CENTRAL	STATKRAFT S.A	HUAYLLACHO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
272	C.H. HUINCO	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	HUINCO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13368	C.H. IMPERIAL	CENTRAL	HIDROCAÑETE S.A.	NUEVA IMPERIAL	<a href="#">Ficha Técnica</a>
12201	C.H. LA JOYA	CENTRAL	GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERÚ	LA JOYA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13574	C.H. LAS PIZARRAS	CENTRAL	EMPRESA ELECTRICA RIO DOBLE	LAS PIZARRAS	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1203	C.H. MACHUPICCHU	CENTRAL	EGEMSA	MACHUPICCHU	<a href="#">Ficha Técnica</a>
276	C.H. MALPASO	CENTRAL	STATKRAFT S.A	MALPASO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
20667	C.H. MANTA I	CENTRAL	PERUANA DE INVERSIONES EN ENERGIAS RENOVABLES S.A.	MANTA I	<a href="#">Ficha Técnica</a>
277	C.H. MANTARO	CENTRAL	ELECTROPERU	MANTARO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
17492	C.H. MARAÑON	CENTRAL	CELEPSA RENOVABLES S.R.L.	MARAÑON	<a href="#">Ficha Técnica</a>
280	C.H. MATUCANA	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	MATUCANA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
10692	C.H. MISAPUQUIO	CENTRAL	STATKRAFT S.A	MISAPUQUIO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
282	C.H. MOYOPAMPA	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	MOYOPAMPA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
283	C.H. OROYA	CENTRAL	STATKRAFT S.A	OROYA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
285	C.H. PACHACHACA	CENTRAL	STATKRAFT S.A	PACHACHACA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
57	C.H. PARIAC	CENTRAL	STATKRAFT S.A	PARIAC	<a href="#">Ficha Técnica</a>
12193	C.H. POECHOS II	CENTRAL	SINERSA	POECHOS II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
17034	C.H. POTRERO	CENTRAL	EMPRESA ELECTRICA AGUA AZUL	POTRERO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13132	C.H. PURMACANA	CENTRAL	ATRIA ENERGIA S.A.C.	PURMACANA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14448	C.H. QUITARACSA	CENTRAL	ENGIE	QUITARACSA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18263	C.H. RENOVANDES HI	CENTRAL	EMPRESA DE GENERACION ELECTRICA SANTA ANA	RENOVANDES HI	<a href="#">Ficha Técnica</a>
286	C.H. RESTITUCION	CENTRAL	ELECTROPERU	RESTITUCIÓN	<a href="#">Ficha Técnica</a>
12722	C.H. RONCADOR	CENTRAL	MAJA ENERGIA S.A.C.	RONCADOR	<a href="#">Ficha Técnica</a>
16285	C.H. RUCUY	CENTRAL	EMPRESA DE GENERACION ELECTRICA RIO BAÑOS S.A.C.	RUCUY	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14777	C.H. RUNATULLO II	CENTRAL	EJEJUNIN	RUNATULLO II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14776	C.H. RUNATULLO III	CENTRAL	EJEJUNIN	RUNATULLO III	<a href="#">Ficha Técnica</a>
10693	C.H. SAN ANTONIO	CENTRAL	STATKRAFT S.A	SAN ANTONIO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1206	C.H. SAN GABAN II	CENTRAL	SAN GABAN	SAN GABAN II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
10694	C.H. SAN IGNACIO	CENTRAL	STATKRAFT S.A	SAN IGNACIO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
11877	C.H. SANTA CRUZ I	CENTRAL	EJEJUNIN	SANTA CRUZ I	<a href="#">Ficha Técnica</a>
12652	C.H. SANTA CRUZ II	CENTRAL	EJEJUNIN	SANTA CRUZ II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14844	C.H. SANTA TERESA	CENTRAL	INLAND ENERGY SAC	SANTA TERESA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
978	C.H. YANANGO	CENTRAL	CHINANGO S.A.C.	YANANGO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13513	C.H. YANAPAMPA	CENTRAL	ELECTRICA YANAPAMPA SAC	YANAPAMPA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
17551	C.H. YARUCAYA	CENTRAL	HUaura POWER GROUP S.A.	YARUCAYA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
291	C.H. YAUPI	CENTRAL	STATKRAFT S.A	YAUPI	<a href="#">Ficha Técnica</a>
11116	C.H. YUNCAN	CENTRAL	ENGIE	YUNCÁN	<a href="#">Ficha Técnica</a>
19860	C.H. ZAÑA	CENTRAL	ELECTRO ZAÑA S.A.C.	CH. ELECTROZAÑA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18949	C.H. ÁNGEL I	CENTRAL	GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERÚ	ÁNGEL I	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18950	C.H. ÁNGEL II	CENTRAL	GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERÚ	ÁNGEL II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18951	C.H. ÁNGEL III	CENTRAL	GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERÚ	ÁNGEL III	<a href="#">Ficha Técnica</a>
17965	MCH CERRO DEL AGUILA	CENTRAL	KALLPA GENERACION S.A.	MINI CENTRAL CERRO DEL AGUILA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18806	MCH PATAPO	CENTRAL	HYDRO PATAPO S.A.C.	MCH PATAPO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
15563	P.C.H CHAGLLA	CENTRAL	EMPRESA DE GENERACION HUALLAGA	PCH CHAGLLA	<a href="#">Ficha Técnica</a>



CENTRALES TERMoeLECTRICAS					
CODIGO	NOMBRE	Abreviatura	Empresa	Ubicación	Ficha Técnica
258	C.T. AGUAYTIA	CENTRAL	TERMOSELVA	AGUAYTIA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
20510	C.T. CAÑA BRAVA	CENTRAL	BIOENERGIA DEL CHIRA S.A.	CAÑA BRAVA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
11513	C.T. CHILCA 1	CENTRAL	ENGIE	CHILCA 1	<a href="#">Ficha Técnica</a>
15785	C.T. CHILCA 2	CENTRAL	ENGIE	CHILCA 2	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1205	C.T. CHILINA DIESEL	CENTRAL	EGASA	CHILINA D	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13601	C.T. FENIX	CENTRAL	FENIX POWER PERÚ	FENIX	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13298	C.T. HUAYCOLORO	CENTRAL	PETRAMAS	HUAYCOLORO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1217	C.T. ILO 2	CENTRAL	ENGIE	ILO 2	<a href="#">Ficha Técnica</a>
12781	C.T. INDEPENDENCIA	CENTRAL	EGESUR	INDEPENDENCIA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
11571	C.T. KALLPA	CENTRAL	KALLPA GENERACION S.A.	KALLPA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
15112	C.T. LA GRINGA	CENTRAL	PETRAMAS	LA GRINGA V	<a href="#">Ficha Técnica</a>
12720	C.T. LAS FLORES	CENTRAL	KALLPA GENERACION S.A.	LAS FLORES	<a href="#">Ficha Técnica</a>
16926	C.T. MALACAS 1	CENTRAL	ENEL GENERACION PIURA S.A.	MALACAS 1	<a href="#">Ficha Técnica</a>
275	C.T. MALACAS 2	CENTRAL	ENEL GENERACION PIURA S.A.	MALACAS	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13417	C.T. MAPLE ETANOL	CENTRAL	AGROAURORA S.A.C.	CT MAPLE ETANOL	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1214	C.T. MOLLENDO DIESEL	CENTRAL	EGASA	MOLLENDO D	<a href="#">Ficha Técnica</a>
16327	C.T. NEPI	CENTRAL	ENGIE	ILO 4	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13656	C.T. OLLEROS	CENTRAL	TERMOCHILCA	SANTO DOMINGO DE LOS OLLEROS	<a href="#">Ficha Técnica</a>
11883	C.T. OQUENDO	CENTRAL	SDF ENERGIA	OQUENDO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
12815	C.T. PARAMONGA	CENTRAL	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	PARAMONGA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
15214	C.T. PUERTO BRAVO	CENTRAL	SAMAY I S.A.	PUERTO BRAVO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
15107	C.T. RECKA	CENTRAL	MINERA CERRO VERDE	RECKA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14927	C.T. RF DE GENERACION ETEN	CENTRAL	PLANTA DE RESERVA FRIA DE GENERACION DE ETEN S.A.	RESERVA FRIA DE GENERACION ETEN	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14908	C.T. RF DE GENERACION TALARA	CENTRAL	ENEL GENERACION PIURA S.A.	RESERVA FRIA DE GENERACION TALARA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13549	C.T. RF PLANTA ILO	CENTRAL	ENGIE	RESERVA FRIA PLANTA ILO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
16290	C.T. RF PTO MALDONADO	CENTRAL	INFRAESTRUCTURA Y ENERGIAS DEL PERU	RESERVA FRIA PTO MALDONADO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
16291	C.T. RF PUCALLPA	CENTRAL	INFRAESTRUCTURA Y ENERGIAS DEL PERU	RESERVA FRIA PUCALLPA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
19865	C.T. SAN JACINTO	CENTRAL	AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO S.A.A.	SAN JACINTO	<a href="#">Ficha Técnica</a>
987	C.T. SAN NICOLAS	CENTRAL	SHOUGESA	SAN NICOLÁS	<a href="#">Ficha Técnica</a>
289	C.T. SANTA ROSA	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	SANTA ROSA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1066	C.T. SANTA ROSA II	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	SANTA ROSA II	<a href="#">Ficha Técnica</a>
1498	C.T. TUMBES	CENTRAL	ELECTROPERU	TUMBES	<a href="#">Ficha Técnica</a>
290	C.T. VENTANILLA	CENTRAL	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	VENTANILLA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18812	C.T.B DOÑA CATALINA	CENTRAL	PETRAMAS	CT DOÑA CATALINA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
20850	C.T.B. CALLAO	CTB CALLAO	PETRAMAS	CTB CALLAO	<a href="#">Ficha Técnica</a>

CODIGO	NOMBRE	Abreviatura	Empresa	Ubicación	Ficha Técnica
17796	C.S. INTIPAMPA	CS_INTIPAMPA	ENGIE	CS INTIPAMPA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13402	C.S. MAJES SOLAR 20T	CS_MAJES	GTS MAJES S.A.C	MAJES SOLAR 20T	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14762	C.S. MOQUEGUA FV	CS_MOQUEGUA	MOQUEGUA FV S.A.C.	MOQUEGUA FV	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13533	C.S. PANAMERICANA SOLAR	CS_PANAMERICANA	PANAMERICANA SOLAR SAC.	PANAMERICANA SOLAR 20T	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13399	C.S. REPARTICION	CS_REPARTICION	GTS REPARTICION S.A.C.	REPARTICION SOLAR 20T	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18074	C.S. RUBI	CS_RUBI	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	CENTRAL SOLAR RUBI	<a href="#">Ficha Técnica</a>
13503	C.S. TACNA SOLAR	CS_TACNASOLAR	TACNA SOLAR SAC.	TACNA SOLAR	<a href="#">Ficha Técnica</a>

CENTRALES EOLICOS					
CODIGO	NOMBRE	Abreviatura	Empresa	Ubicación	Ficha Técnica
14407	C.E. CUPISNIQUE	CENTRAL	ENERGÍA EÓLICA S.A.	PARQUE EOLICO CUPISNIQUE	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14160	C.E. MARCONA	CENTRAL	PARQUE EOLICO MARCONA S.A.C.	PARQUE EOLICO MARCONA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
14426	C.E. TALARA	CENTRAL	ENERGÍA EÓLICA S.A.	PARQUE EOLICO TALARA	<a href="#">Ficha Técnica</a>
15160	C.E. TRES HERMANAS	CENTRAL	PARQUE EOLICO TRES HERMANAS S.A.C.	PARQUE EOLICO 3 HERMANAS	<a href="#">Ficha Técnica</a>
18306	C.E. WAYRA I	C.E. WAYRA I	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	CENTRAL EOLICA WAYRA I	<a href="#">Ficha Técnica</a>

Fuente: elaboración Propia, Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional



## **Anexo N° 9: diagrama unifilar central fotovoltaica**