

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“PROPUESTA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA PARA EL  
SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA UNTELS, 2021”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

PARDO CAICEDO, ROBERTO

Villa el Salvador  
2020

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a toda mi familia, pero en especial a mi madre Margarita Caicedo y a mi padre Salvador Pardo quienes fueron mi motivación para no rendirme y poder cumplir con este objetivo profesional

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios, a mis padres, a toda mi familia sin excepción, ya que siempre han estado presentes con su cariño, su amor, sus consejos en toda mi carrera universitaria, muchas gracias por ser el pilar más importante en mi vida, gracias por estar siempre presentes en los momentos más difíciles y gracias por guiarme para poder cumplir todas las metas trazadas.

Agradecer a mi asesor Guillermo Vilchez por sus consejos y correcciones para que este trabajo pueda salir lo mejor posible.

# INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	2
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.1.1. Antecedentes Nacionales .....	3
1.1.2. Antecedentes Internacionales.....	4
1.2. Bases Teóricas.....	6
1.2.1. Recursos energéticos renovables.....	6
1.2.1.1. Energía solar .....	7
1.2.1.1.1 Energía solar fotovoltaica.....	8
1.2.1.1.2 Energía solar térmica .....	9
1.2.1.2. Energía minihidráulica .....	10
1.2.1.3. Energía Eólica .....	10
1.2.3.4. Energía de la biomasa.....	11
1.2.3.5. Energía Geotérmica .....	11
1.2.2. Radiación Solar .....	12
1.2.2.1. Geometría Solar .....	14
1.2.2.2. Recorrido Solar.....	15
1.2.2.3. Horas Solar Pico (H.S.P) .....	16
1.2.3. Efecto fotovoltaico .....	16
1.2.3.1. Célula fotovoltaica .....	16
1.2.4. Clasificación de Sistemas Fotovoltaicos .....	17
1.2.4.1. Sistemas Fotovoltaicas Autónomas.....	18

1.2.4.2.	Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red.....	18
1.2.5.	Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos .....	19
1.2.6.	Estado actual de la energía solar en el Perú .....	20
1.2.6.1.	Producción solar.....	21
1.2.6.2.	Potencial de la energía solar .....	23
1.2.7.	Las ODS y la relación con las energías renovables.....	25
1.2.7.1.	ODS 7 Energía asequible y no contaminante .....	25
1.2.7.2.	ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles .....	26
1.2.7.3.	ODS 12 Producción y consumo responsable.....	27
1.2.7.4.	ODS 13 Acción por el clima .....	28
1.2.8.	Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	30
1.2.9.	La Huella de carbono y la eficiencia energética .....	33
1.2.9.1.	Límites operacionales.....	33
1.2.9.1.1.	Alcance 1: Emisiones directas de GEI .....	33
1.2.9.1.2.	Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad .	33
1.2.9.1.3.	Alcance 3: Otras emisiones indirectas .....	33
1.2.9.2.	Cálculo de la Huella de Carbono .....	34
1.2.9.3.	Factor de emisión .....	34
1.3.	Definición De Términos Básicos .....	36
1.4.	Marco Normativo .....	37
1.4.1.	Acuerdos Internacionales .....	37
1.4.2.	Marco Normativo de RER .....	39
CAPÍTULO II METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO .....		41
2.1.	Delimitación del Proyecto .....	41
2.1.1.	Temporal.....	41
2.1.2.	Espacial.....	41
2.1.3.	Recopilación de información disponible .....	42
2.1.4.	Trabajo en gabinete de la información técnica/ materiales .....	42
2.1.5.	Análisis e interpretación de la información recopilada.....	43

2.2.	Determinación y análisis del problema.....	45
2.3.	Modelo de solución propuesto .....	46
2.3.1.	Elección de componentes.....	46
2.3.1.1.	Panel solar .....	46
2.3.1.2.	Inversor .....	46
2.3.2.	Dimensionamiento.....	46
2.3.3.	Análisis económico.....	53
2.3.3.1.	Cálculo del VAN y la TIR .....	55
2.4.	Proyección para implementación de paneles solares en una vivienda promedio ..	
	.....	57
2.4.1.	Análisis económico para implementación en una vivienda.....	59
	RESULTADOS .....	61
	CONCLUSIONES .....	62
	RECOMENDACIONES.....	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	64
	ANEXOS.....	68

## Listado de figuras

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. Configuración general de la instalación fotovoltaica conectada a la red .....	8
Figura 2. Formación de la energía solar fotovoltaica .....	8
Figura 3. Generación eléctrica a partir de la energía solar térmica .....	9
Figura 4. Mini hidráulica Purmacana, Perú, canal de conducción .....	10
Figura 5. Central Talara (aerogeneradores instalados), Perú. ....	11
Figura 6: Mapa de Potencial de la geotermia en el Perú .....	12
Figura 7. Mapa de recurso solar en América del Sur .....	13
Figura 8. Esquema de distribución de radiación. ....	14
Figura 9. Geometría solar .....	15
Figura 10. Masa de aire para varias alturas.....	15
Figura 11. Concepto de Horas Sol pico .....	16
Figura 12. Tipos de sistemas fotovoltaicos .....	17
Figura 13. Tiempo promedio para la puesta en operación de las centrales RER según tipo de fuente.....	20
Figura 14: Evolución de la energía eléctrica (SEIN) por tipo de generación .....	21
Figura 15: Centrales solares del mercado eléctrico.....	21
Figura 16. Producción eléctrica de las centrales solares en GWh 2018 .....	22
Figura 17. Producción eléctrica de las centrales solares en GWh .....	22
Figura 18. Mapa de irradiación horizontal global .....	24
Figura 19: Efecto Invernadero.....	30
Figura 20: Gases de Efecto Invernadero. Adaptado de Entropía y calentamiento global. ....	31
Figura 21: Distribución de las emisiones por sectores según el inventario Nacional de GEI 2014. ....	32
Figura 22: Emisiones de GEI por subcategoría, 2014. ....	32
Figura 23: Enfoque global para el análisis de emisiones y huella de carbono .....	33
Figura 24: Enfoque de las emisiones y huella de carbono orientado al análisis del ciclo de vida de los productos en base al proceso.....	34
Figura 25: Emisiones de CO2 mitigadas del 2008 – 2016.....	35
Figura 26: Mitigación de GEI por tipo de proyecto de RER .....	35
Figura 27. Marco Normativo de Recursos Energéticos Renovables. ....	40
Figura 28. Localización del área de estudio.....	41
Figura 29. Gráfico de irradiación solar mensual .....	44
Figura 30. Gráfico de producción mensual de energía renovable .....	51
Figura 31 Gráfico del Dióxido de Carbono equivalente mensual del consumo de energía solar en la universidad. ....	52
Figura 32 Tasa de crecimiento anual en el costo de energía eléctrica del sistema convencional. .	53
Figura 33 Hoja de cálculo Excel del VAR y TIR.....	60

## Listado de Tablas

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Tipos de recursos energéticos renovables (RER) no convencionales y tecnológicas de generación eléctrica .....	6
Tabla 2 Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos .....	19
Tabla 3 Capacidad instalada RER a 2040 .....	23
Tabla 4 Metas e indicadores del ODS 7 relacionados al incentivo de RER .....	25
Tabla 5 Metas e indicadores del ODS 11 relacionados al incentivo de RER .....	26
Tabla 6 Metas e indicadores del ODS 12 relacionados al incentivo de RER .....	27
Tabla 7 Metas e indicadores del ODS 13 relacionados al incentivo de RER .....	29
Tabla 8 Factor de emisión .....	34
Tabla 9 Principales acuerdos internacionales.....	37
Tabla 10 Radiación mensual con un ángulo de 15° .....	43
Tabla 11 Consumo mensual del sistema convencional en la UNTELS en KWh .....	44
Tabla 12 Ángulo de inclinación vs latitud .....	47
Tabla 13 Producción de Kwh-mes de energía renovable .....	50
Tabla 14: Factor de emisión de dióxido de carbono equivalente del Alcance 2 del Protocolo de GEI .....	51
Tabla 15. Cálculo de Dióxido de Carbono equivalente .....	52
Tabla 16 Cotización de componentes y accesorios.....	54
Tabla 17 Flujo anual en soles del ahorro en KWh .....	56
Tabla 18 Consumo mensual de energía en una vivienda promedio.....	57
Tabla 19 Cotización de precios .....	59

## Anexos

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Radiación Solar .....	69
Anexo 2. Ficha técnica del módulo Policristalino Jinko Solar Eagle 320-340W .....	72
Anexo 3. Ficha técnica Fronius Symo.....	74
Anexo 4. Datos energéticos de la UNTELS para el cálculo del VAN y TIR.....	80
Anexo 5. Cálculo de Indicadores del VAN y TIR en el simulador Gábilos Software .....	81

## RESUMEN

La finalidad de este proyecto es poder brindar a la universidad dos fuentes de energía que puedan abastecer diversas actividades, estas fuentes serán de energía limpia y de energía convencional. La fuente de energías renovable estará compuesta por un generador fotovoltaico y un inversor, este último trabajará de manera automática para interrumpir el uso de la energía convencional cuando se esté suministrando energía limpia.

*Este trabajo de investigación “Propuesta de captación de energía limpia para el suministro eléctrico en la UNTELS, 2021” pretende evaluar el dimensionamiento y la viabilidad económica para poder suministrar de energía limpia a la UNTELS, este proyecto está conformado de dos capítulos.*

En el primer capítulo se describe el marco teórico referido a los antecedentes nacionales e internacionales, las principales bases teóricas para entender la energía solar, y los términos básicos.

En el segundo capítulo se describe la metodología del desarrollo del trabajo en esta parte se plasma el modelo de solución propuesto y el análisis económico.

Al finalizar tenemos las conclusiones y recomendaciones.

Podemos afirmar que tener un sistema híbrido que aporte tanto energía convencional y energía limpia si es viable por la parte técnica y económica.

## INTRODUCCION

En la actualidad a nivel mundial consumir las energías convencionales las cuales tienen como fuente los combustibles fósiles que está llevando al planeta a un desequilibrio ecológico, sin mencionar que estas fuentes son finitas es decir su disponibilidad está decreciendo y en algún momento desaparecerán. Esa es la principal razón por la cual el precio de las energías convencionales se está elevando y surge una oportunidad para dar paso a las energías renovables.

El Perú está rumbo a ser un país desarrollado y el sector energético cumplirá un papel muy importante ya que sin la electricidad no se podrán brindar productos ni servicios, así que la disponibilidad energética será un factor clave en este desarrollo. Pero a mayor consumo de energía eléctrica mayor es la emisión de gases de efecto invernadero, degradación ambiental, desequilibrio ecológico y consumo no responsable de recursos naturales.

Poder dejar atrás las energías convencionales es muy complicado, pero es un cambio que es necesario además que hoy en día existen muchas alternativas de energías renovables, en el caso de Perú tenemos disponibles muchas de estas energías, la energía hidráulica, energía geotérmica, energía solar, energía eólica, energía de biomasa con diferentes potenciales en todas las regiones.

En este proyecto de investigación vamos a trabajar con la energía solar fotovoltaica ya que contamos con un gran potencial solar en toda la región, y se pretende encaminar con esta propuesta a ser una universidad sostenible que aporte no solo con un ahorro significativo económico, sino también en lograr contribuir a la gran meta del siglo XXI, la sostenibilidad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivos generales**

Captación de energía limpia con celdas fotovoltaicas para el suministro eléctrico en la UNTELS.

### **Objetivos específicos**

Cuantificación de la energía limpia para las actividades en la UNTELS.

Estimar la viabilidad del proyecto usando indicadores económicos.

Analizar la reducción de dióxido de carbono con el generador fotovoltaico.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. Antecedentes Nacionales

Ministerio de Energía y Minas (2018) con el objetivo de promover el uso de energía renovable y la investigación científica se instaló un panel solar en la sede central, como parte de un programa piloto con propósitos fundamentales como el ahorro en el consumo de electricidad, sumarse a la iniciativa frente al cambio climático y el cuidado del ambiente. La implementación del sistema fotovoltaico es una fuente de abastecimiento para las áreas de la Dirección General de Eficiencia Energética – DGEE desde agosto 2018, a partir de esa fecha el panel solar tiene un registro de hasta 16 kilowatts hora (kWh) en un día pico; de acuerdo a los siguientes días de su funcionamiento generó la energía necesaria para resguardar a 36 computadoras de 250w encendidas durante ocho horas o un equivalente a 180 paneles LED de 25w funcionando en iguales intervalos de tiempos. Este programa tiene como finalidad recopilar información e incentivar el uso intensivo de tecnologías amigables con el ambiente y lograr generar electricidad limpia.

El Ministerio del Ambiente (2018) inauguró el parque solar Itipampa ubicada en Moquegua con el objetivo de beneficiar a más de 350 mil hogares peruanos, este parque de energía fotovoltaica generará 440 GWh (giga watts hora) de energía eléctrica al año, este resultado se logrará con más de medio millón de paneles solares, evitando la emisión anual de más de 209 000 TN de (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera.

Santa (2016) en su trabajo de investigación tuvo la finalidad de dimensionar un sistema solar fotovoltaico para abastecer el consumo de energía en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la UNALM. Debido al elevado consumo energético en el campus de la UNALM se buscó investigar la viabilidad del uso de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos como fuente alternativa. El estudio energético se realizó en el mes de julio 2014 considerando como área de estudio el laboratorio mencionado, se estableció un consumo mensual 8030 KWh de energía y se hizo el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico para un 5%

del consumo diario 19.8 kWh/día. De acuerdo con la metodología del peor mes se estableció contar con 76 paneles solares; el costo del ciclo de vida del proyecto es de S/. 137 253. Asimismo, teniendo en cuenta la normativa correspondiente a la energía solar fotovoltaica, la infraestructura y la gestión de residuos se ejecutó un análisis de condiciones, donde se afirma que, ante una viable instalación del sistema fotovoltaico, no se va a haber algún inconveniente a nivel de la infraestructura, sistema eléctrico o seguridad ambiental.

Polo, Torres y De La Gala (2019) analizan los resultados obtenidos desde octubre 2016 a octubre 2017 de un sistema fotovoltaico interconectado a la red de 3.3KW de potencia implementado en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en la ciudad de Tacna, bajo el proyecto EMERGIENDO CON EL SOL que tiene el objetivo monitorear la producción de energía utilizando como fuente renovable el sol. En el año 2016 se obtuvo 5205 KWh y en el 2017 se obtuvo 4208 KWh de energía, la eficiencia promedio anualizada es del 13.75% también se obtuvo información de la temperatura superficial de los paneles fotovoltaicos los cuales son 51.3°C en enero (verano) con una temperatura ambiente de 30.1°C y 41.8°C en junio (invierno) con una temperatura ambiente de 20.5°C.

### **1.1.2. Antecedentes Internacionales**

Ramos y Rafael (2014) en su estudio “Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca” *se realizó a razón del desabastecimiento energético, los cortes de energía por cableados ilegales de viviendas cercanas y los elevados gastos por los servicios energéticos, por lo que consideraron que los sistemas fotovoltaicos no abastecerán la demanda energética al 100% pero si solventará en gran parte los gastos por la energía.* Se ejecutó un análisis de radiación con equipo de la marca Mac – Solar obteniendo como resultado una medición directa que representa la zona. Debido a que los focos de investigación adquieren la información por proyección y trazabilidad por lo que se afirma que el área más adecuada para instalar los sistemas fotovoltaicos es el estacionamiento que abastezcan el consumo con una totalidad de 83 661. 65 KW anual.

Sánchez y Franco (2016) diseñaron e implementaron un sistema fotovoltaico híbrido interconectado a la red para poder abastecer el jardín botánico e incentivar al uso de energías renovables. El aporte tecnológico fue la producción de energía eléctrica de forma autónoma y a un costo bajo. La implementación se ejecutó durante el 2014 y llegaron a la conclusión que los sistemas de interconexión a red tienen un método de instalación más fácil y práctico frente a los sistemas aislados, asimismo concluyen que al utilizar inversores híbridos e inversores convencionales se puede suprimir los controladores de carga y así poder elevar la eficiencia del sistema.

Fernández y Cervantes (2017) en su tesis *“Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira”*, tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica de la Comisión Federal de electricidad (CFE) para reducir los costos por consumo de energía eléctrica. Se consideraron los consumos de un año, de agosto 2014 a julio 2015, lo cual permitió revelar el comportamiento de consumo de energía. Se evaluaron los posibles sitios de establecimiento de los paneles solares de acuerdo a la idoneidad de captación solar, así como la marca y el modelo de módulos FV e inversor. Concluye que implementando el sistema fotovoltaico de interconexión eléctrica a la universidad se lograría un ahorro anual en la facturación de energía eléctrica de 48 342.66 dólares americanos, alcanzando en cinco meses ahorros mayores al 50%. El costo total de implementación llega a ser de 524 700.76 dólares americanos, estimando un tiempo de retorno de 10 años de inversión con los ahorros anuales de facturación en el consumo de energía eléctrica.

Alarcón y Cevallos (2019) en su investigación *“Implementación de un sistema de iluminación a nivel fotovoltaico para el área recreacional de la carrera de Ingeniería Ambiental, ESPAM MFL”*, tuvo como finalidad diseñar un sistema de iluminación eficiente a nivel fotovoltaico y comprobar su funcionamiento. Se utilizó el luxómetro aplicando el método de punto a punto, una vez identificada el área se colocó el sistema de iluminación con alimentación fotovoltaica colocando dos lámparas de 5400 lum, permitiendo conseguir una media entre los tres puntos de 27.5 lux, estos valores fueron establecidos en un monitoreo semanal con tres

tomas diarias en horarios nocturnos. Se demostró que luego de la instalación de los sistemas, los valores de iluminación se hallan dentro del rango óptimo, permitiendo mejorar la calidad visual del lugar esto en bienestar para los usuarios.

## 1.2. Bases Teóricas

### 1.2.1. Recursos energéticos renovables

Caminati, Ipanqué, Miranda, Ruiz, Rojas y Seminario (2013) indica que las energías limpias, son las que tienen fuentes renovables y sostenibles, que no contaminan el ambiente con emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y son una opción a las frecuentemente monopolizadas. Estas últimas, involucran la incineración de combustibles fósiles siendo el componente primordial que suma al cambio climático con un 60% de todas las emisiones mundiales GEI. Por otro lado, las fuentes de energía renovables comprenden una emisión mínima o nula de gases contaminantes.

Tabla 1

*Tipos de recursos energéticos renovables (RER) no convencionales y tecnológicas de generación eléctrica*

<b>Tipos de RER no convencionales</b>	<b>Tecnología de generación eléctrica</b>
Energía solar	Solar fotovoltaica Solar térmica
Energía eólica	<i>Onshore</i> <i>Offshore</i>
Energía de la biomasa	Procesos bioquímicos Procesos termoquímicos
Energía minihidráulica	Centrales de agua fluyente Centrales a pie de presa Centrales en canal de riego o de abastecimiento

Tipos de RER no convencionales		Tecnología de generación eléctrica
Energía marítima	Energía mareomotriz	Presa de marea Generador de corriente de marea Energía mareomotriz dinámica
	Energía undimotriz	Columna de agua oscilante Convertidor de movimiento oscilante Sistemas de rebosamiento
	Energía maremotérmica	Sistemas de ciclo abierto Sistemas de ciclo cerrado Sistemas híbridos
Energía geotérmica		Plantas de vapor seco Plantas <i>flash</i> Plantas de ciclo binario

Fuente y elaboración: GPAE-Osinergmin (2017)

#### 1.2.1.1. *Energía solar*

Siendo de las tecnologías más desarrolladas e incentivadas en el mundo, dicha energía solar tiene como base las radiaciones que emite el sol y se aprovecha la luz y el calor, Ramirez, Fernandez, y Camblong (2019) afirman:

La energía solar, como alternativa energética, constituye una línea relevante para un desarrollo sostenible cuidando a la vez el medio ambiente del planeta. Podríamos considerar que el sol es una fuente inagotable, calificándola entonces como un recurso energético renovable y esencialmente no contaminante o limpio. (p. 26)

Dependiendo del método de transformación y aprovechamiento se puede tener la energía solar térmica si la radiación electromagnética que proviene del sol se utiliza para el calentamiento (conversión fototérmica) y la energía solar fotovoltaica si es una conversión directa de electricidad (Caminati et al., 2013).

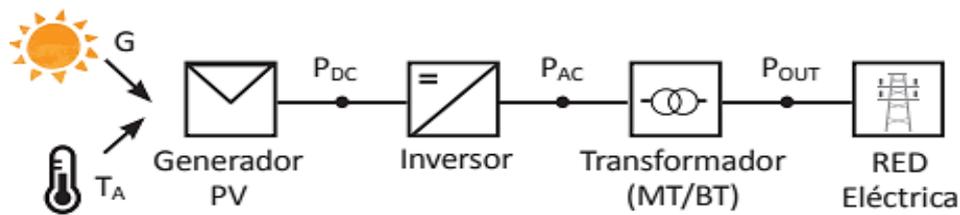


Figura 1. Configuración general de la instalación fotovoltaica conectada a la red  
Fuente: Sisifo (2014)

#### 1.2.1.1.1 Energía solar fotovoltaica.

Se refiere a la producción de electricidad en base de la radiación solar, a través de los paneles fotovoltaicos. Estos paneles son de un componente semiconductor que absorbe los fotones del sol, liberando electrones los cuales son acumulados en el panel para producir electricidad (ver figura 2), este fenómeno es conocido como efecto fotoeléctrico (Osinermin, 2019). “Los sistemas solares fotovoltaicos requieren además de los paneles, baterías, reguladores de carga y un inversor de corriente” (Caminati et al., 2013, p. 7). No involucra alguna actividad de combustión, tampoco genera emisiones contaminantes o ruidos molestos.

Actualmente en el Perú no hay mucha difusión de este campo por falta de normativas y políticas energéticas que incentiven el aprovechamiento de energías renovables.

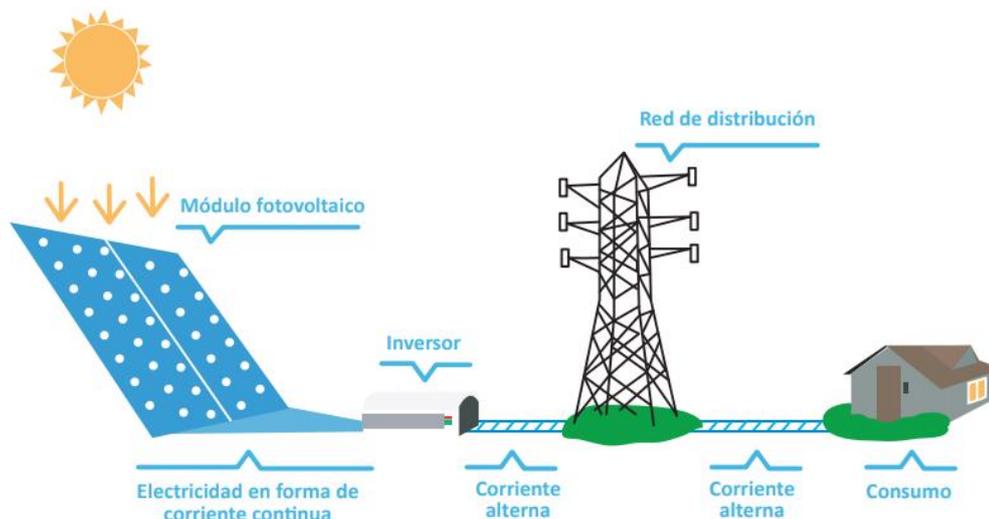
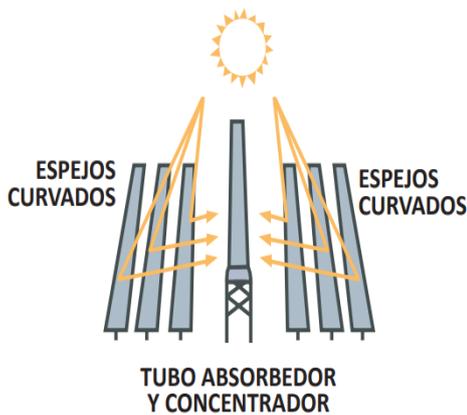


Figura 2. Formación de la energía solar fotovoltaica  
Fuente: Osinermin (2019)

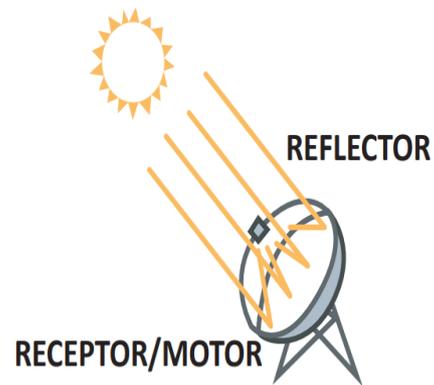
### 1.2.1.1.2 Energía solar térmica

Para obtener este tipo de energía se necesita transformar la radiación solar en calor mediante sistemas fototérmicos, los cuales están formados por colectores que cumplen con la función de simular un efecto invernadero para poder almacenar calor. La energía obtenida se utiliza para la calefacción de los hogares u oficinas, calentar el agua, secado, entre otros (Caminati et al., 2013). Existen cuatro tipos de centrales solares térmicas (ver Figura 3)

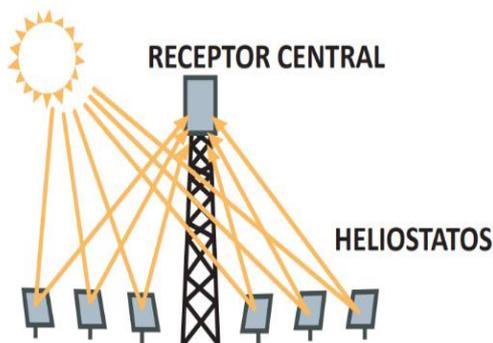
**SISTEMA DE CONCENTRACIÓN LINEAL DE FRESNEL**



**CENTRAL DISCO STIRLING**



**SISTEMA TORRE CENTRAL**



**CANAL CILINDRO PARABÓLICO**

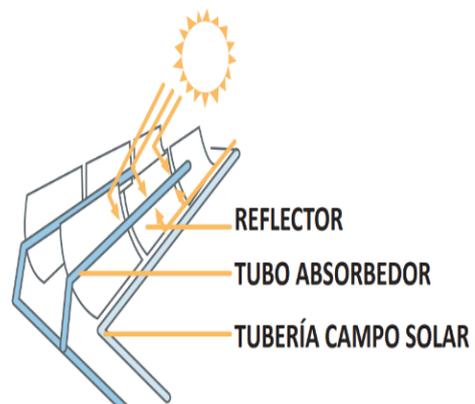


Figura 3. Generación eléctrica a partir de la energía solar térmica  
Fuente: Richter, Teske y Nebrera (2009). Elaboración: GPAE Osinergmin

### 1.2.1.2. Energía minihidráulica

Las centrales hidroeléctricas son uno de los negocios más rentables puesto que no utilizan combustible, se genera energía aprovechando el caudal del río. Las mini hidráulicas o mini hidroeléctricas (potencia menor a 20NW en el Perú), por otro lado, el impacto ambiental de esta instalación es pequeña, no hace falta descaminar el cauce de los ríos (Osinergmin, 2019).



Figura 4. Mini hidráulica Purmacana, Perú, canal de conducción  
Fuente: (Osinergmin, 2017)

### 1.2.1.3. Energía Eólica

Vásquez, Tamayo y Salvador (como citó Osinergmin, 2019) nos indican que la energía eólica emplea la energía del movimiento del viento, convirtiéndola en mecánica o eléctrica, tiene como fuente el viento y se origina a partir de la variación de temperaturas entre distintas zonas geográficas. En la actualidad, esta energía se emplea para generar electricidad a través de los aerogeneradores o turbinas eólica conectados a redes de distribución. Al conjunto de turbinas eólicas acopladas a redes de suministro se le conoce como parque eólico, pueden ser *onshore* si son instalados en tierra u *offshore* si la instalación es el mar.



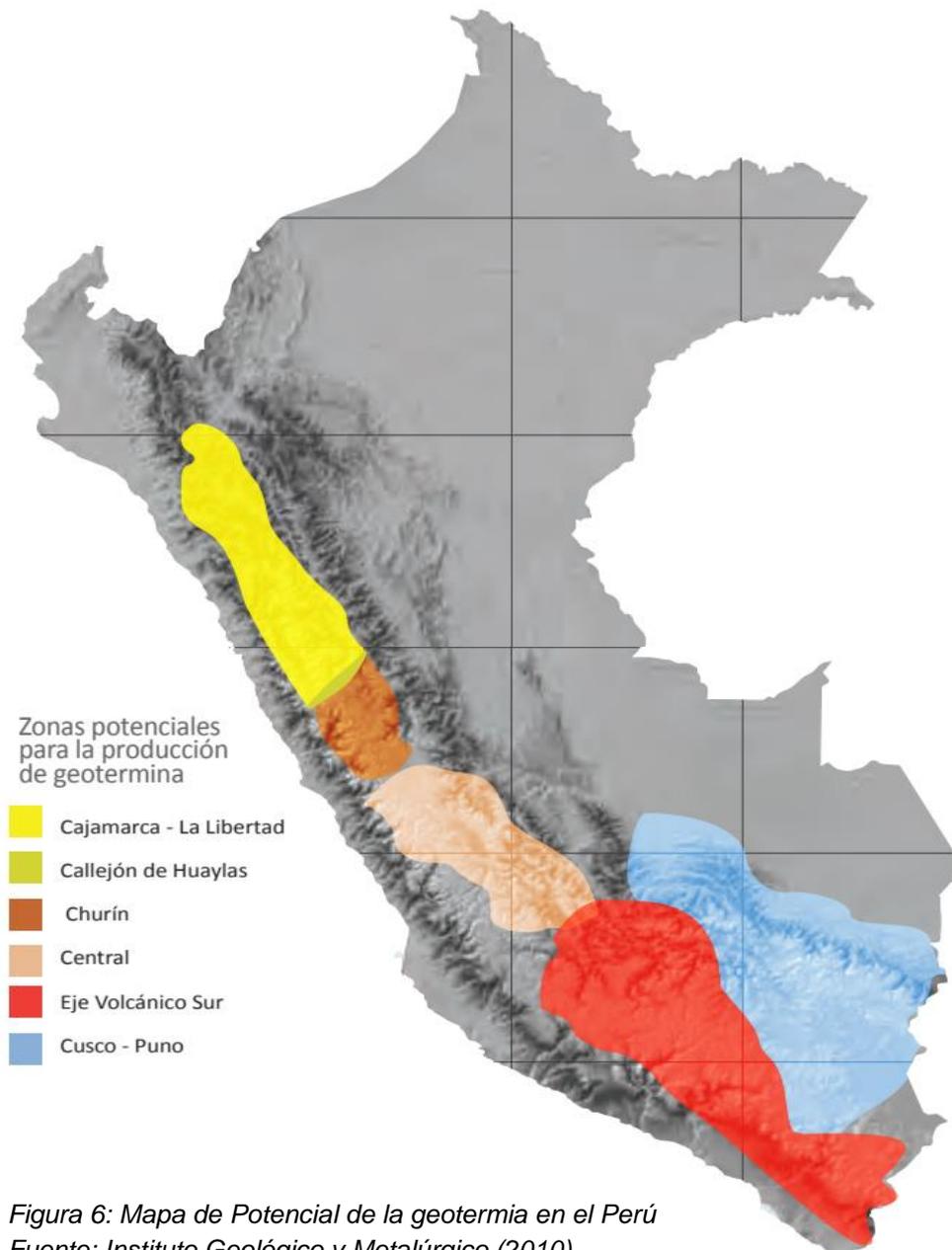
*Figura 5. Central Talara (aerogeneradores instalados), Perú.  
Fuente: Osinergmin (2017)*

#### *1.2.3.4. Energía de la biomasa*

Es una fuente de energía renovable que proviene de los residuos de materia orgánica de algún proceso biológico como materia orgánica de aguas residuales, lodos de depuradora, residuos sólidos orgánicos de las zonas urbanas, entre otras (Fernández , 2018).

#### *1.2.3.5. Energía Geotérmica*

Energía obtenida del calor del interior de la tierra, en algunas zonas del planeta, las aguas subterráneas tienden a alcanzar temperaturas de ebullición, así se puede utilizar accionar turbinas eléctricas o para calentar. Este tipo de energía no requiere de ningún tipo de combustión por ende las emisiones de CO<sub>2</sub> que generan son casi nulas, requiere de menor cantidad de agua y superficie de terreno respectos a las anteriores tecnologías para su funcionamiento (Osinergmin, 2019).

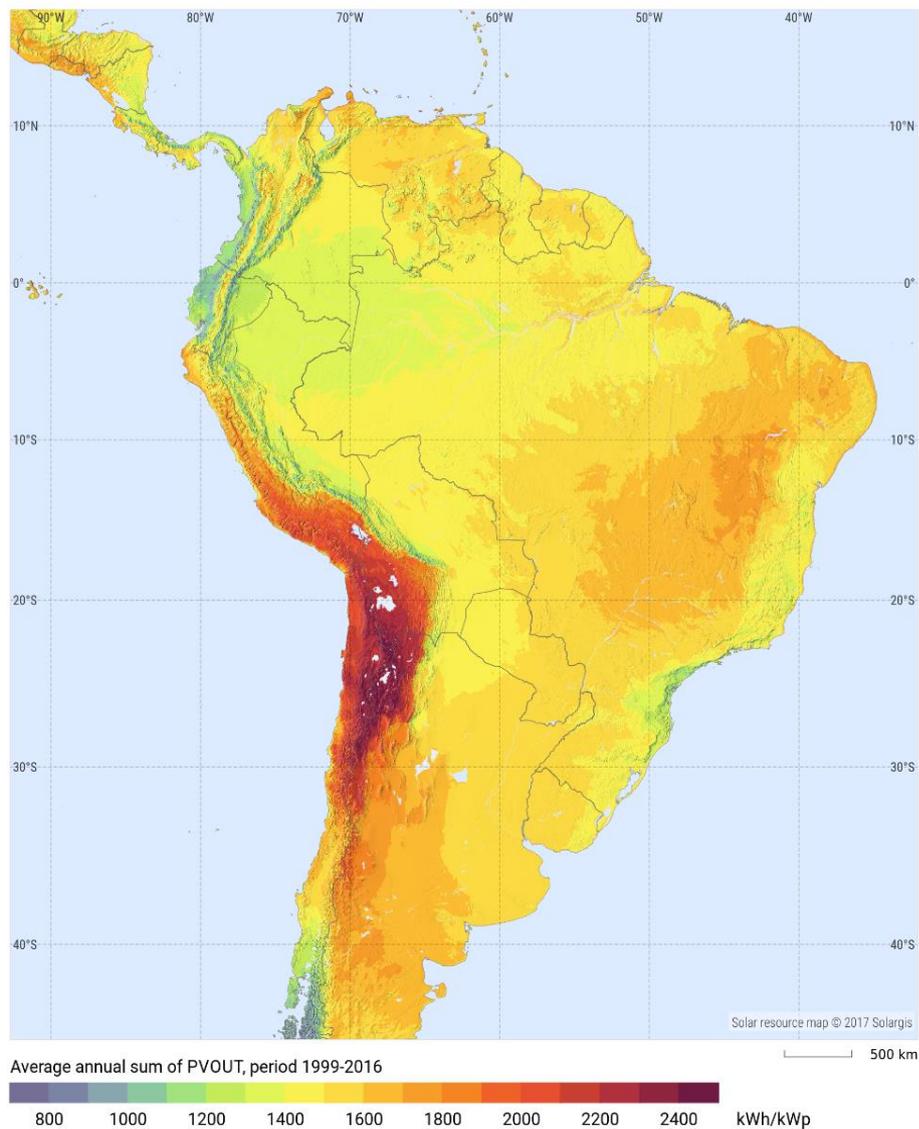


### 1.2.2. Radiación Solar

Perpiñán (2012) en su libro “Energía solar fotovoltaica” indica que la radiación solar atraviesa el espacio en todas direcciones, al llegar a la atmósfera sufre procesos de reflexión, atenuación y difusión, es decir, la radiación solar absorbida por la atmósfera no es utilizada completamente. Según el Instituto Geofísico del Perú el 29% de la radiación se pierde en el espacio.

La reflexión en las nubes, superficie terrestre, vapor de agua, ozono o CO<sub>2</sub> disminuye la radiación incidente. La irradiancia solar se diferencia en tres componentes por la incidencia sobre la superficie terrestre:

- Radiación Directa: porción de irradiancia originaria en línea recta del Sol.
- Radiación Difusa: radiación originaria de todo el cielo excepto del Sol, incluyendo rayos dispersados por la atmósfera.
- Albedo: se absorbe por reflexión en el suelo o superficies cercanas, cuenta con dos tipos: directo o difuso.



*Figura 7. Mapa de recurso solar en América del Sur  
Fuente: Solargis (2018)*

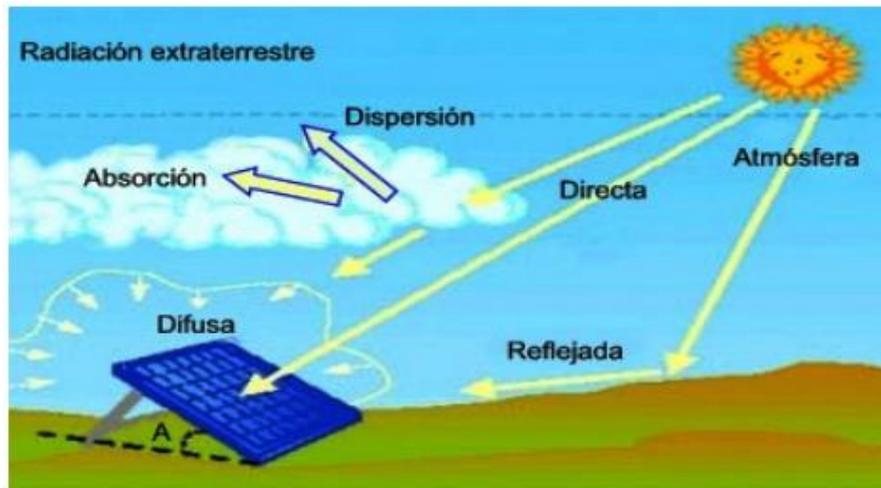


Figura 8. Esquema de distribución de radiación.  
Obtenido de Proyecto EnDev/ GIZ (2013)

#### 1.2.2.1. Geometría Solar

En el procesamiento de datos de la generación energética de una red fotovoltaica es esencial la trayectoria solar en las diferentes épocas del año. Perpiñán (2012) nos explica que el movimiento terrestre consiste en una traslación alrededor del sol en un periodo de un año y un giro sobre su eje en un lapso de 24 horas, para la traslación se sigue una elipse de baja excentricidad en un esquema llamado plano de la eclíptica.

Valdiviezo (2014) nos comenta que la orientación se define mediante el *ángulo Azimut ( $\Psi$ )*, estableciendo la dirección sur con el objeto estando positivo hacia el oeste. La altura del sol ( $\alpha$ ) también es importante y varía de acuerdo a las estaciones, nos da las direcciones de las sombras y la irradiación recepcionada por el módulo. Se calcula a partir del horizonte, con un valor de  $0^\circ$  y positivo en el cenit.

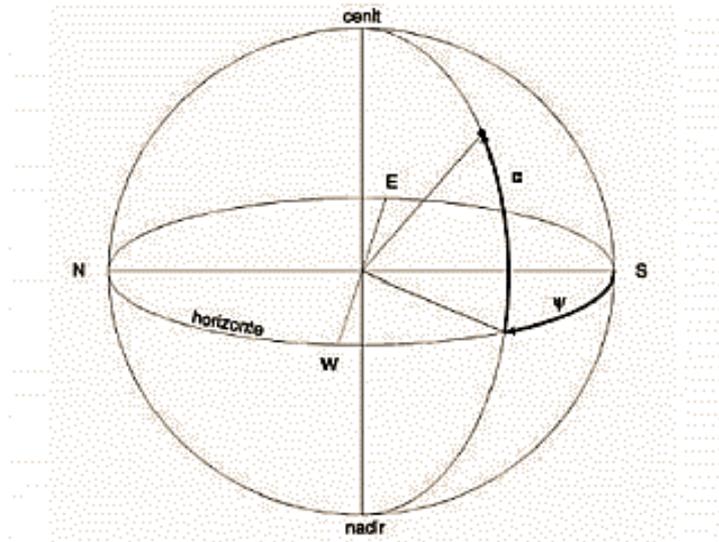


Figura 9. Geometría solar  
Fuente: Ruiz y Silva (2005)

#### 1.2.2.2. Recorrido Solar

Valdiviezo (2014) menciona que la relación entre la distancia del sol y la radiación solar es inversamente proporcional,  $\alpha = 90^\circ$  significa que el sol está más próximo la Tierra. El concepto masa de aire (AM) se define como la medida de distancia que recorre la radiación al atravesar la atmósfera. Se consigue mediante fórmula:  $AM = 1 / (\cos 90^\circ - \alpha)$

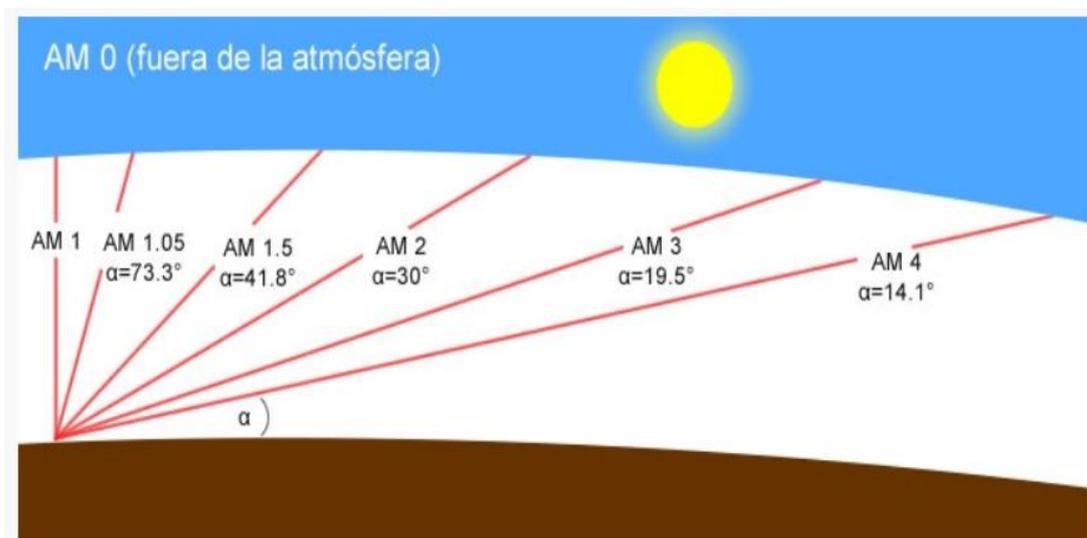


Figura 10. Masa de aire para varias alturas  
Fuente: Ruiz y Silva (2005)

### 1.2.2.3. Horas Solar Pico (H.S.P)

Está relacionada a la cantidad de energía solar que incide en una hora por metro cuadrado de superficie ( $\text{KWh/m}^2$ ) en términos numéricos puede ser denotado como H.S.P. Es importante para estimar la potencia generada por los paneles fotovoltaicos (Valdiviezo, 2014).

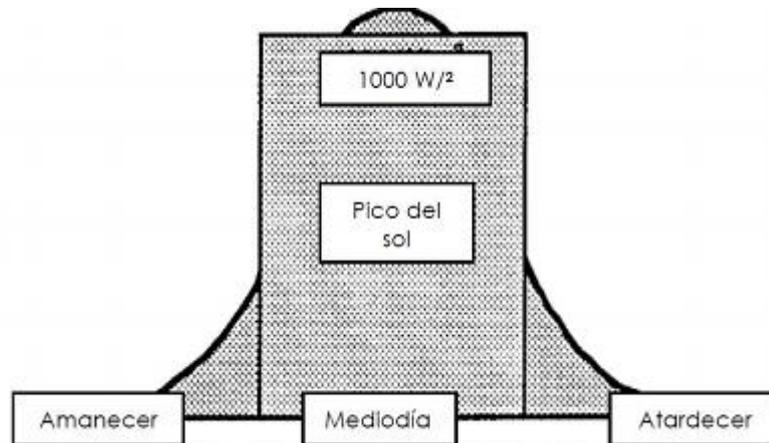


Figura 11. Concepto de Horas Sol pico  
Fuente: Hadzich (2006)

### 1.2.3. Efecto fotovoltaico

Castañeda (2015) menciona que la incidencia de un haz de luz sobre los componentes genera un flujo de electrones, modificando el color de la luz varía la intensidad del flujo. Este fenómeno induce la idea de conseguir energía de una fuente casi infinita como el sol sin perjudicar al medio ambiente.

#### 1.2.3.1. Célula fotovoltaica

Castañeda (2015) indica que los fotones generan energía por el contacto o choque con la superficie de un elemento formando la base de la corriente eléctrica en el circuito.

Las celdas fotovoltaicas son a base de materiales semiconductores que tomaron un tratamiento especial para establecer el efecto fotovoltaico (Proyecto EnDev/ GIZ, 2013). Las células fotovoltaicas están compuestas por los siguientes elementos:

- Material base: forma enlaces covalentes para tener estructuras cristalinas. Los elementos base que se emplean son: silicio, germanio o indio.
- Material N: el material que se inserta forma enlaces covalentes con el material base dejando un electrón libre. Los elementos que se emplean son: fósforo, telurio, arsénico, selenio.
- Material P: el material que se inserta, forma enlaces covalentes, dejando un hueco u hoyo dentro de la estructura cristalina. Los elementos que se emplean son: boro, galio, cadmio, cobre.

#### 1.2.4. Clasificación de Sistemas Fotovoltaicos

La clasificación de los sistemas fotovoltaicos se va a realizar en función a la aplicación o el uso de destino. Se distinguen en sistemas autónomos y sistemas conectados a la red.

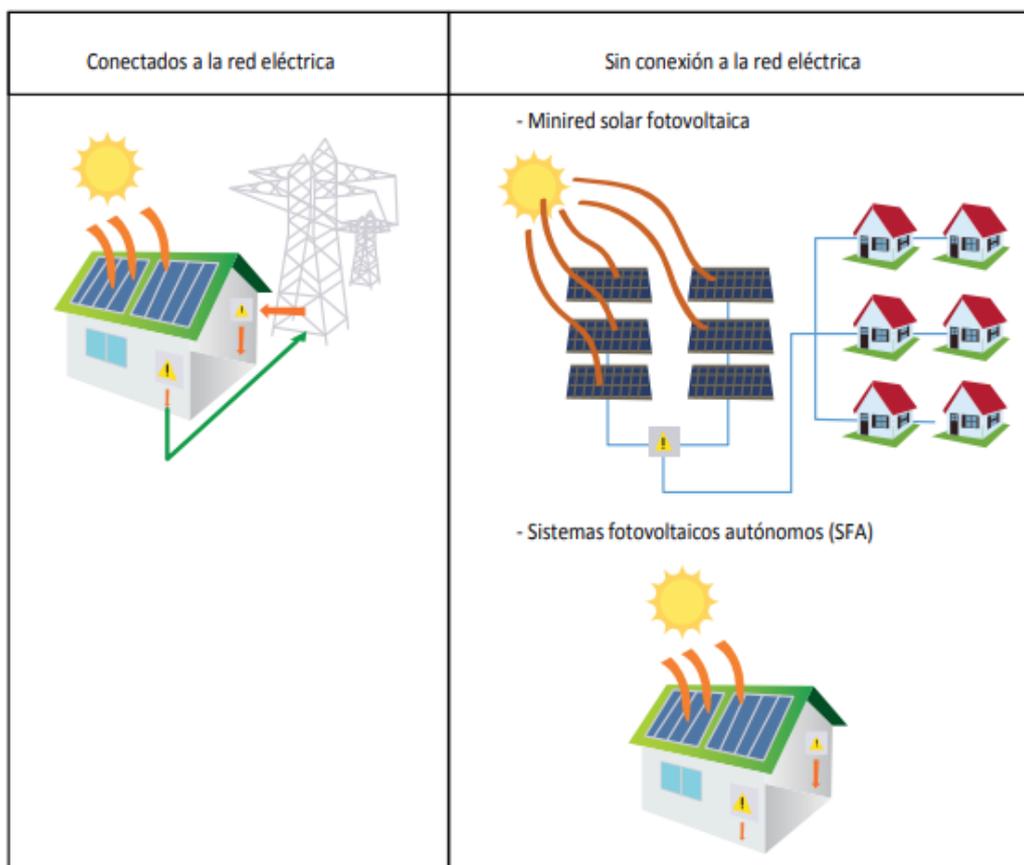


Figura 12. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Fuente: Pasos et al. (2018) y elaborado por GPAE-Osinergmin.

#### 1.2.4.1. *Sistemas Fotovoltaicas Autónomas*

Perpiñán (2012) menciona que se genera energía eléctrica para compensar el déficit de cargas eléctricas sin conectadas a la red, usando un sistema de reserva energética para períodos donde la generación es menor al consumo. Entre las aplicaciones tenemos 2 tipos según *Componentes de una instalación solar fotovoltaica* (s.f):

- **Aplicaciones Espaciales:** proporcionan energía eléctrica a satélites de comunicación, etc. La investigación en este tipo de aplicaciones impulsó el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos que manejamos en la actualidad.
- **Aplicaciones Terrestres:**
  - Hogares en zonas rurales: están diseñadas para ser instaladas en cualquier lugar, pero mayormente están destinadas a zonas donde es difícil el acceso de la energía eléctrica convencional.
  - Telecomunicaciones: estaciones de radio, repetidores
  - Alumbrado publica: una alternativa para el alumbrado público con luminarias LED
  - Bombeo de Agua: ideales para ser instaladas en granjas, ranchos, etc. Se usa para bombeo de agua potable para consumo o para riego.

#### 1.2.4.2. *Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red*

Perpiñán (2012) indica que este sistema tiene como función producir energía eléctrica y ser administrada en la red convencional. La energía generada por este sistema será consumida parcial o totalmente en las zonas cercanas, y la energía restante será administrada en la red para su repartición a otros lugares de consumo. Entre las aplicaciones tenemos 2 tipos según *Componentes de una instalación solar fotovoltaica* (s.f):

- **Centrales Fotovoltaicas o Huertos Solares:** se ubica una cantidad determinada de paneles para ceder bajo un costo la electricidad obtenida a la empresa eléctrica con la cual previamente se debe tener un contrato, la energía producida debe estar a cargo de una persona natural o jurídica y

cada instalación tendrá su propietario para que se mejore el mantenimiento, vigilancia, póliza, etc.

- **Edificios Fotovoltaicos:** gran parte de estos sistemas fotovoltaicos son instalados sobre los techos porque es donde logran la mayor captación solar, pero también se están integrando a los muros y fachadas en la que se reemplaza las ventanas por módulos de vidrio semitransparente, cumpliendo la función arquitectónica y de fuente de producción energética.

### 1.2.5. Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos

Tabla 2

*Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos*

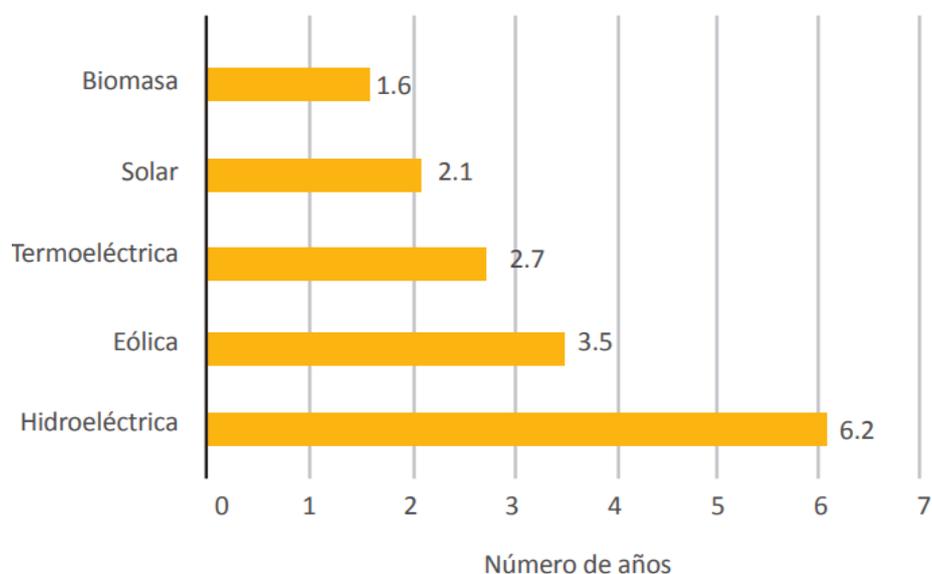
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Baja conflictividad social	Poca promoción de los sistemas fotovoltaicos
Reducción de los niveles de contaminación ambiental. Fuente inagotable de energía	Impacto visual negativo sino se cuida el diseño estético al momento de la instalación
Rápida implementación	Necesita grandes áreas para instalar con el objetivo de cubrir la demanda energética
Potencial para el cierre de brecha de acceso rural	En ciudades que tienen con elevada concentración de contaminación atmosférica tienen bajo rendimiento
Resistencia a fuertes condiciones climáticas: granizo, viento, etc.	El rendimiento disminuye en largos periodos de calor y humedad o con nubes y niebla
No utiliza combustibles para generar electricidad, su uso potencia la seguridad energética al reducir la dependencia de provisiones del exterior	Durante la producción de paneles solares se emiten cantidades relevantes de GEI y desechos tóxicos. Esto se subsana durante su uso disminuyendo la huella de carbono

---

Mantenimiento sencillo, solo limpieza Costo inicial de instalación elevado de los módulos

---

Fuente: Aqueae Fundación s.f.



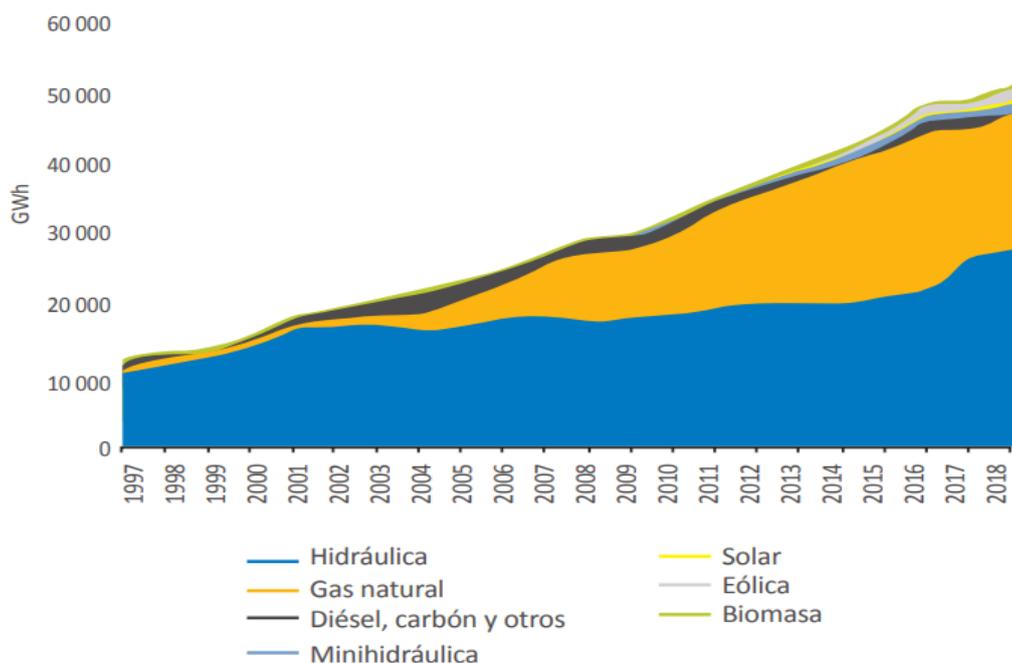
*Figura 13. Tiempo promedio para la puesta en operación de las centrales RER según tipo de fuente.*

*Fuente: GSE-Osinergmin (2019)*

### **1.2.6. Estado actual de la energía solar en el Perú**

Estos últimos años Perú ha sido el centro de estudios para medir el potencial de los recursos energéticos renovables (RER), teniendo ahincó en la energía hidráulica y solar.

En la Figura 13 se observa el avance de la energía eléctrica desde 1997 hasta el 2018. De acuerdo al gráfico, la intervención de las centrales hidráulicas a disminuido comparado al año 2000, pero aun así producción total de energía eléctrica sigue una tendencia positiva (Osinergmin, 2019).



### 1.2.6.1. Producción solar

En el Perú contamos con 7 centrales solares con tecnología fotovoltaica en Arequipa, Moquegua y Tacna. Según Osinergmin (2019) “La central solar más grande del país es Rubí de Enel Green Power Perú, con una potencia instalada de 144.5 MW (...) ingresó en operación comercial en enero del 2018” (p. 102). Para el año 2018 se generó un total de 742 401 MWh de energía eléctrica entre las siete central solares.

Central	Ubicación	Producción		Potencia instalada		Tecnología
		Cantidad (MWh)	Part.	Potencia (MW)	Part.	
RUBI	Moquegua	424 433	56,9%	144,5	50,8%	Cristalino-Seguidor
INTIPAMPA	Moquegua	87 259	11,7%	40,0	14,1%	Cristalino-Seguidor
MAJES SOLAR 20T	Arequipa	44 477	6,0%	22,0	7,7%	Thin-film-Fijo
REPARTICION	Arequipa	41 292	5,5%	22,0	7,7%	Thin-film-Fijo
MOQUEGUA FV	Moquegua	47 724	6,4%	16,0	5,6%	Cristalino-Seguidor
PANAMERICANA SOLAR	Moquegua	51 970	7,0%	20,0	7,0%	Cristalino-Seguidor
TACNA SOLAR	Tacna	48 245	6,5%	20,0	7,0%	Cristalino-Seguidor
<b>TOTAL</b>		<b>745 401</b>	<b>100,0%</b>	<b>284,5</b>	<b>100,0%</b>	

Figura 15: Centrales solares del mercado eléctrico

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020)

En la Figura 16 y 17 se observa la producción de energía eléctrica de las diferentes centrales solares para el año 2018.

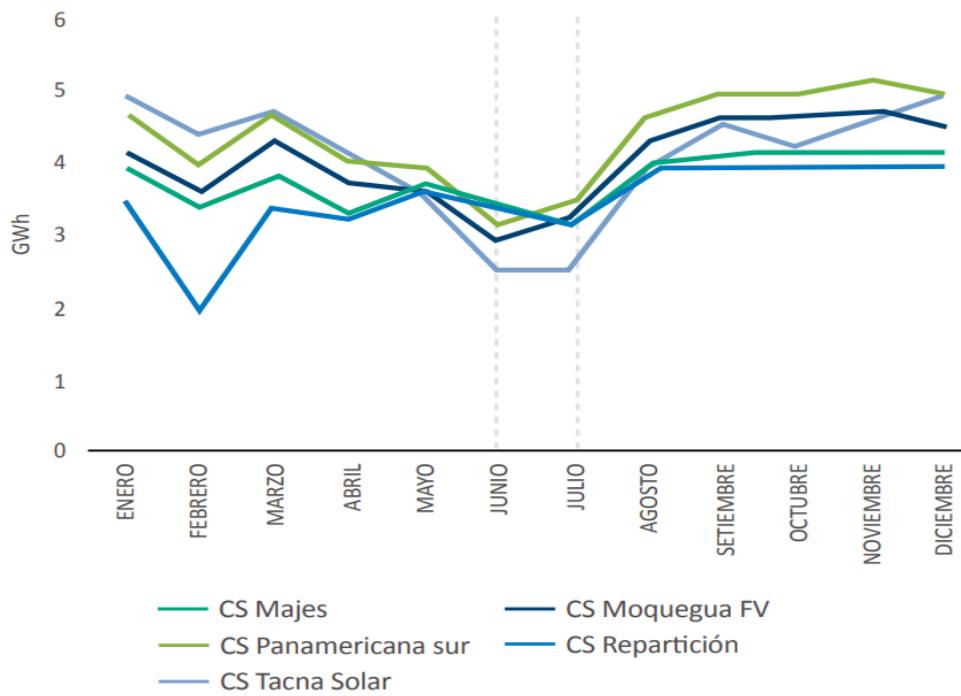


Figura 16. Producción eléctrica de las centrales solares en GWh 2018

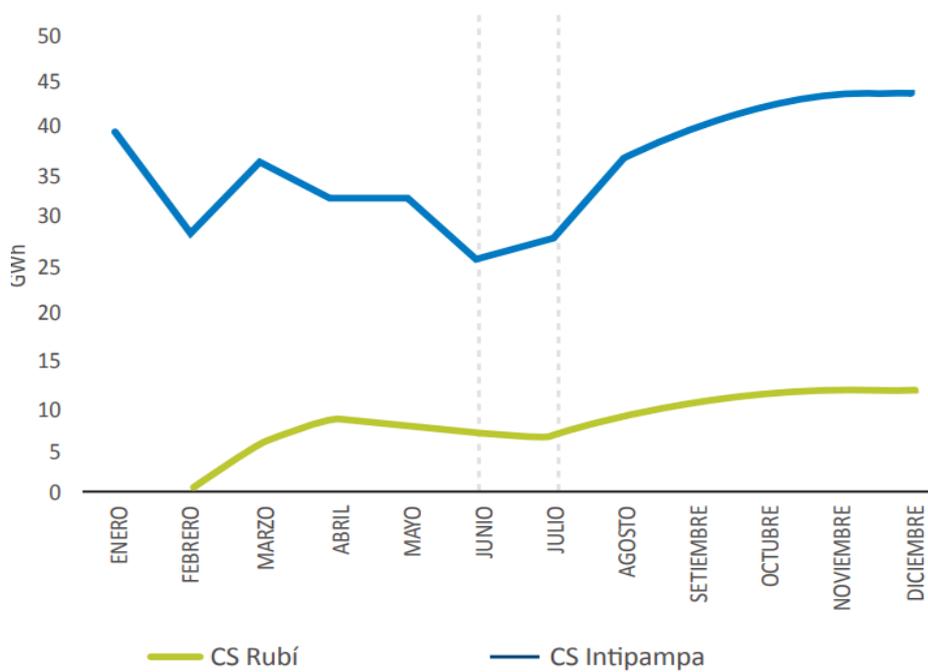


Figura 17. Producción eléctrica de las centrales solares en GWh  
 Nota: CS: Central Solar. Obtenido de COES (2018)

### 1.2.6.2. Potencial de la energía solar

Según Tamayo (como citó Osinergmin, 2019), gran parte del territorio peruano cuenta con un óptimo recurso de energía solar por su cantidad y uniformidad durante el año. De acuerdo con la información del Banco Mundial (2019) Arequipa, Moquegua y Tacna tienen óptimos escenarios para el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas y solar térmica. En estas regiones ubicadas al sur del país, la irradiación horizontal global está en un intervalo de 6.8 – 7 kWh/ m<sup>2</sup>, la irradiación directa normal de 7.5 – 8.5 kWh/m<sup>2</sup>. La figura 15 se observa el mapa de irradiación horizontal en el Perú.

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (citado en Osinergmin, 2019) se tiene un estimado de 24 976.9 MW de capacidad instalada para el 2040 con una intervención de las centrales RER de 4321 MW que representa un 17.3 % del total (ver Tabla 3).

Tabla 3  
*Capacidad instalada RER a 2040*

<b>Recurso renovable</b>	<b>energético</b>	<b>Potencia total (MW)</b>	<b>Porcentaje</b>
Minihidráulicas		496	11.50 %
Eólicas		1342	31.10%
Solares		360	8.30%
Geotérmicas		1500	34.70%
Biomasa		623	14.40%
Total		4321	100%

Fuente: BID (2012)

# POTENCIAL ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO PERÚ

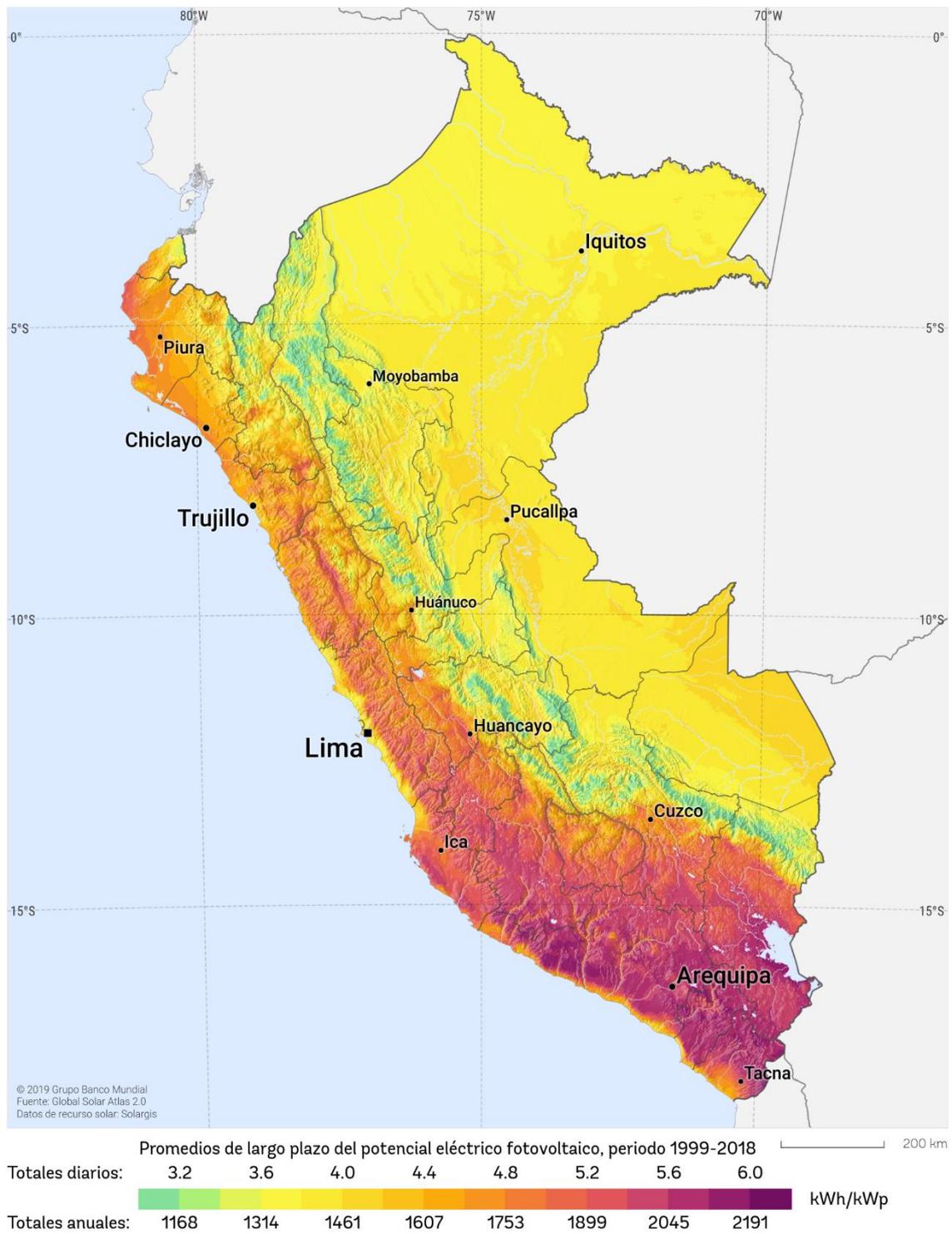


Figura 18. Mapa de irradiación horizontal global

Fuente: Solargis (2018)

## 1.2.7. Las ODS y la relación con las energías renovables

La accesibilidad a la energía es esencial para todas las personas, es vital para hacer frente grandes desafíos y oportunidades en el mundo actual, como la producción de alimentos, trabajo, seguridad, cambio climático, entre otras actividades o servicios (MINAM, 2016).

### 1.2.7.1. ODS 7 Energía asequible y no contaminante

El objetivo 7 se enfoca en avalar el acceso a una energía accesible, íntegra, sostenible y actual para todos, (MINAM, 2016) afirma que la energía sostenible es una oportunidad de cambio, no solo en nuestras vidas, también en la economía y el planeta.

Según la Organización de Naciones Unidas (2015) el secretario general de la ONU, Ban Ki – Moon, es la persona que incentiva el desarrollo de energías sostenibles, con el objetivo de atestiguar el acceso universal de la misma, optimizar la eficiencia y uso de recursos energéticos renovables.

Las metas e indicadores que incentivan el uso de recursos energéticos renovables, se detallan en la tabla 4.

*Tabla 4*

*Metas e indicadores del ODS 7 relacionados al incentivo de RER*

<b>Metas ODS 7</b>	<b>Indicadores ODS 7</b>
7.1. Al 2030 avalar el acceso universal a servicios energéticos accesibles, íntegras y actuales.	7.1.1. Proporción de los habitantes con acceso a la electricidad 7.1.2. Proporción de los habitantes que utilicen combustibles fósiles y tecnologías limpias.
7.2. Al 2030 acrecentar cuantiosamente la proporción de energía renovable y fuentes energéticas.	7.2.1. Proporción de la energía renovable y el gasto total de energía

<b>Metas ODS 7</b>	<b>Indicadores ODS 7</b>
7.3. Al 2030 duplicar la tasa mundial de progreso de eficiencia energética.	7.3.1. Intensidad energética dispuesta en función de la energía primaria y el PBI.
7.a. Al 2030 ampliar la participación internacional para facilitar el acceso a investigación sobre energías limpias (fuente, eficiencia y tecnologías avanzadas).	7.a.1. Suma de dólares de Estados Unidos por año a partir del 2020 como parte del compromiso de los 100 000 000 de dólares.
7.b. Al 2030 aumentar la infraestructura y optimizar la tecnología para brindar servicios energéticos sostenibles y modernos.	7.b.1. Inversiones en eficiencia energética como porcentaje de PBI y del monto de la inversión extranjera destinada a infraestructuras y tecnología para proporcionar servicios para el desarrollo sostenible.

Fuente: (MINAM, 2016, p.25)

#### 1.2.7.2. ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles

El objetivo 11 menciona en conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Según Minam (2016) “El futuro que queremos incluye a ciudades de oportunidades, con acceso a servicios básicos, energía, vivienda, transporte y más facilidades para todos” (p. 35). Las metas e indicadores que incentivan el uso de recursos energéticos renovables, se detallan en la tabla 5.

Tabla 5  
Metas e indicadores del ODS 11 relacionados al incentivo de RER

<b>Metas ODS 11</b>	<b>Indicadores ODS 11</b>
11.a. Brindar soporte a las áreas económicas, sociales y ambientales positivas entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales robusteciendo la	11.a.1. Proporción de habitantes de localidades que destinan Planes de desarrollo urbano y regional que suplen las necesidades de recursos de acuerdo a la dimensión de localidad.

<b>Metas ODS 11</b>	<b>Indicadores ODS 11</b>
planificación del desarrollo nacional y regional.	
11.c. Brindar soporte a los países menos adelantados con apoyo técnico y financiero para edificaciones sostenibles y resilientes empleando materiales de la zona.	11.c.1. Proporción del soporte económico a los países menos adelantados respecto a la edificación y reacondicionamiento con materiales de la zona en las construcciones sostenibles, resilientes y eficiente en el empleo de recursos.

Fuente: (MINAM, 2016, p. 36)

### 1.2.7.3. ODS 12 Producción y consumo responsable

Referirnos al consumo y producción sostenible básicamente es incentivar el uso eficiente de los recursos energéticos, construcciones sostenibles y mejorar calidad de vida en todos los aspectos. Con este objetivo se desea ser eficiente con los recursos, es decir hacer más y de mejor calidad con menos recursos, así se incrementará los ingresos netos de las actividades económicas con menos uso de los recursos, degradación y contaminación durante el ciclo de vida, desde el inicio hasta su dispersión final (MINAM, 2016).

Tabla 6

*Metas e indicadores del ODS 12 relacionados al incentivo de RER*

<b>Metas ODS 12</b>	<b>Indicadores ODS 12</b>
12.1. Utilizar el Marco Decenal de Programas sobre la modalidad de consumo con la guía de países desarrollados.	12.1.1. Cantidad de países con planes de acción nacionales de consumo y producción sostenibles agregados como prioridad en la política nacional.
12.2. Al 2030 conseguir la gestión sostenible y la utilización eficiente de los recursos naturales.	12.2.1. Huella material en términos absolutos, huella material per cápita y huella material por PIB. 12.2.2. Consumo material interior en términos absolutos, consumo material

<b>Metas ODS 12</b>	<b>Indicadores ODS 12</b>
	interior per cápita y consumo material interior por PBI.
12.6. Alentar a las magnas empresas y empresas transnacionales a que acojan experiencias sostenibles y acoplen información del ámbito de sostenibilidad en sus presentaciones de informes.	12.6.1. Cantidad de empresas que publican informes sobre sostenibilidad.
12.a. Apoyar a los países en desarrollo a vigorizar su capacidad científica y tecnológica para prosperar hacia modelos de consumo y producción más sostenibles.	12.a.1. Cantidad de soporte en el ámbito de investigación y desarrollo proporcionado a los países en desarrollo para el consumo y producción sostenible, y tecnologías limpias fundadas.
12.c. Racionalizar los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles que incentivan su consumo antieconómico prescindiendo las distracciones del mercado.	12.c.1. Cantidad de subsidios a los combustibles fósiles por unidad de Producto Interno Bruto y el porcentaje del total de los gastos nacionales en combustibles fósiles

Fuente: (MINAM, 2016, p. 37-39)

#### *1.2.7.4. ODS 13 Acción por el clima*

El objetivo 13 indica acoger pautas urgentes para contrarrestar el cambio climático y sus efectos. Según MINAM (2016) vivimos afrontando los efectos del cambio climático, como el acrecentamiento del nivel del mar o fenómenos meteorológicos de mayor magnitud; las emisiones de GEI causadas por las actividades humanas cada vez van más en aumento, pero no debemos pasar desapercibido las soluciones viables con la cual los países tienen una actividad económica sostenible y considerada con el ambiente.

Cada vez hay más personas acudiendo a la energía renovable y a otras alternativas para menguar los GEIs, trabajando de esta manera rumbo a una economía en carbono.

Tabla 7

Metas e indicadores del ODS 13 relacionados al incentivo de RER

Metas ODS 13	Indicadores ODS 13
13.2. Añadir medidas concernientes al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.	13.2.1. Cantidad de países que están o han implementado una política, estrategia o plan integral para adecuarse a las consecuencias desfavorables del cambio climático y un progreso con bajas emisiones de GEI, de que tal forma que no complique la fabricación de alimentos.
13.a. Efectuar el compromiso de los países desarrollados que son parte en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y poner en marcha el Fondo Verde para el clima capitalizando en la brevedad del tiempo.	13.a.1. Suma en dólares de los Estados Unidos movilizada anualmente a partir del 2020 para cumplir el compromiso de los 100 000 000 de dólares.
13.b. Incentivar mecanismos para acrecentar la capacidad de la planificación y gestión eficaz respecto al cambio climático en países en vías de desarrollo, haciendo ahínco en las poblaciones vulnerables.	13.b.1. Número de países en vías de desarrollo que están recibiendo apoyo especializado, financiero, tecnológico para los mecanismos encaminados a aumentar la capacidad de planificación y gestión eficaz en relación al cambio climático, incluido los centrados en las mujeres, jóvenes y comunidades locales marginadas y locales.

Fuente: (MINAM, 2016, p. 41-42)

### 1.2.8. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero son componentes gaseosos que se localizan en la atmósfera y conservan parte de la energía que el suelo libera (por la radiación solar que ingresa directamente y hace contacto con la superficie terrestre calentándola), este proceso es conocido como “efecto invernadero”, es un fenómeno natural que estabiliza la temperatura entre frío y caliente de la Tierra haciendo posible el desarrollo de vida en ella. El efecto invernadero es vital para el ser humano, el problema radica cuando las concentraciones de estos gases se incrementan y alteran el equilibrio del clima (Arias, 2018).

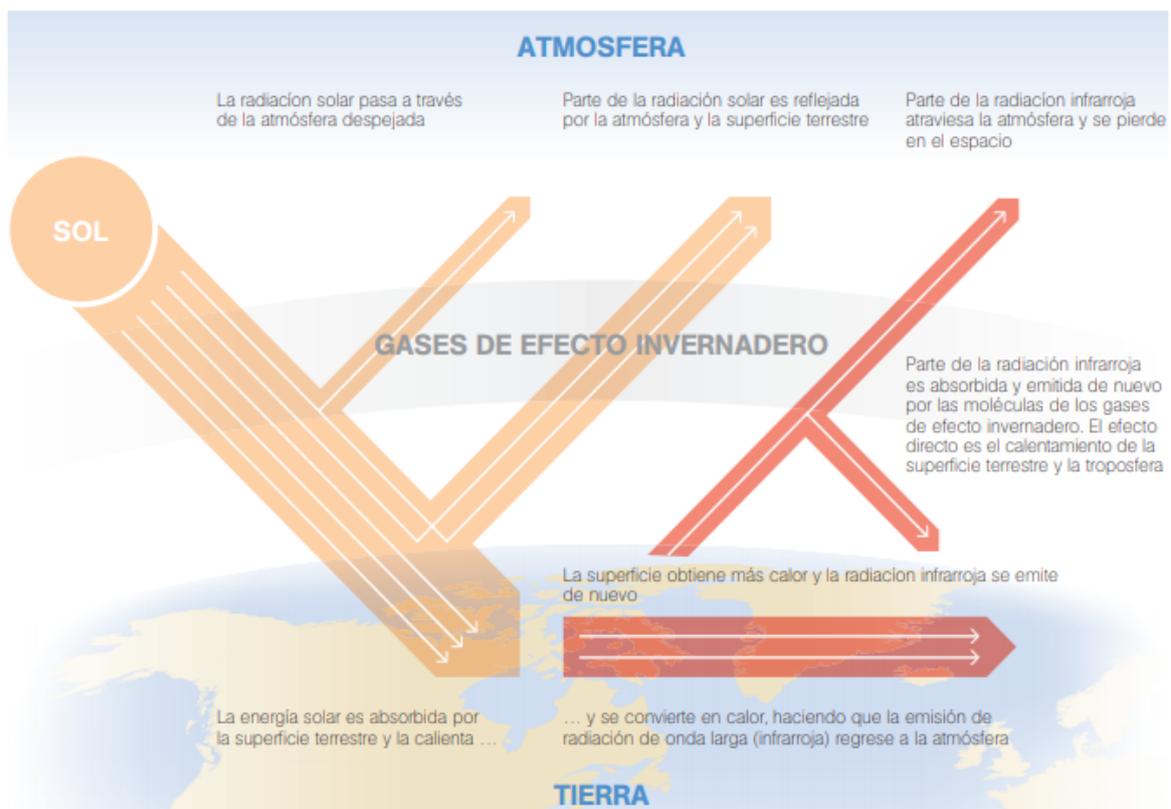


Figura 19: Efecto Invernadero  
Fuente: CMNUCC (2007)

<b>Gases de Efecto Invernadero (GEI)</b>	<b>Fuente</b>
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	Gas de invernadero producido por uso de combustible fósil (petróleo, gas, carbón, etc.) y por el cambio de uso de la tierra (deforestación). Este gas ha contribuido a mantener una temperatura constante dentro de la tierra, sin embargo en la actualidad, es responsable de casi el 76 % del calentamiento global previsto para los próximos años.
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	Al igual que el CO <sub>2</sub> , es producido por la combustión de combustible fósil, asimismo, se produce en los pozos de petróleo, minas de carbón al aire libre, cultivos de arroz y por la digestión alimenticia de los animales.
<b>Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	Liberado por la combustión de vehículos motorizados. Diésel, así como el empleo de fertilizantes nitrogenados.
<b>Vapor de agua (H<sub>2</sub>O)</b>	Por evaporación, ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo.
<b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>	Presente en la estratósfera y la tropósfera.
<b>Hidrofluorocarbonos o HFC</b>	Es usado por el hombre como disolvente para los aerosoles, refrigerantes y dispersores de espuma de uso industrial y doméstico
<b>Perfluorocarbonos o PFC</b>	Es provocado por la acción del hombre por la producción de aluminio por electrólisis.
<b>Hexafluoruro de azufre o SF<sub>6</sub></b>	Provocado por la acción del hombre en la producción de magnesio.

*Figura 20: Gases de Efecto Invernadero. Adaptado de Entropía y calentamiento global.*

*Elaborado por Arias (2018)*

En la figura 19 se observa que las actividades productivas y extractivas son las responsables del incremento de los GEIs causando el aumento de temperatura y variaciones climáticas que evidenciamos en la actualidad. El Perú es uno de los países más frágiles a las consecuencias del cambio climático, por ello es esencial promover políticas que se ajusten a las medidas que logren la adaptación, la disminución de emisiones y el desarrollo sostenible (Minam, 2013).

## INVENTARIO NACIONAL DE GEI 2014 - SECTORES

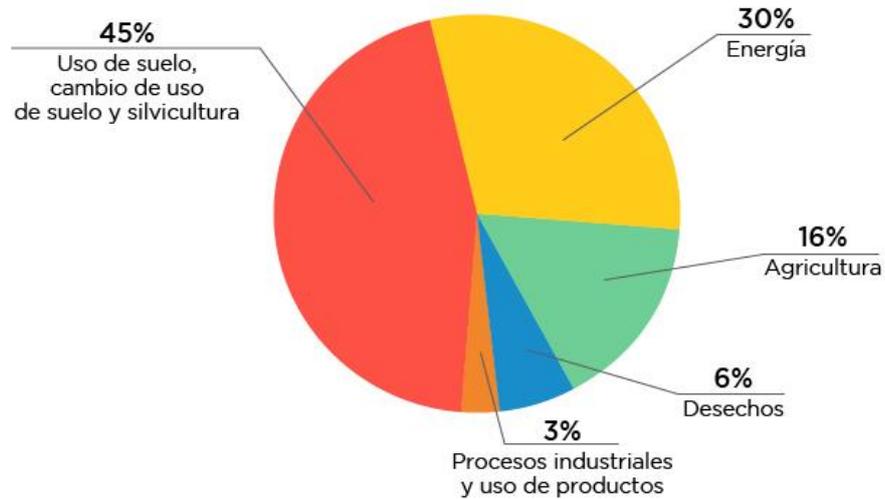


Figura 21: Distribución de las emisiones por sectores según el inventario Nacional de GEI 2014.

Fuente: Minam (2019)

En el año 2014, las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energía representó el 30% del 100% a nivel nacional, teniendo como principal origen de la emisión la quema de combustibles con un 44.74% (ver figura 21)

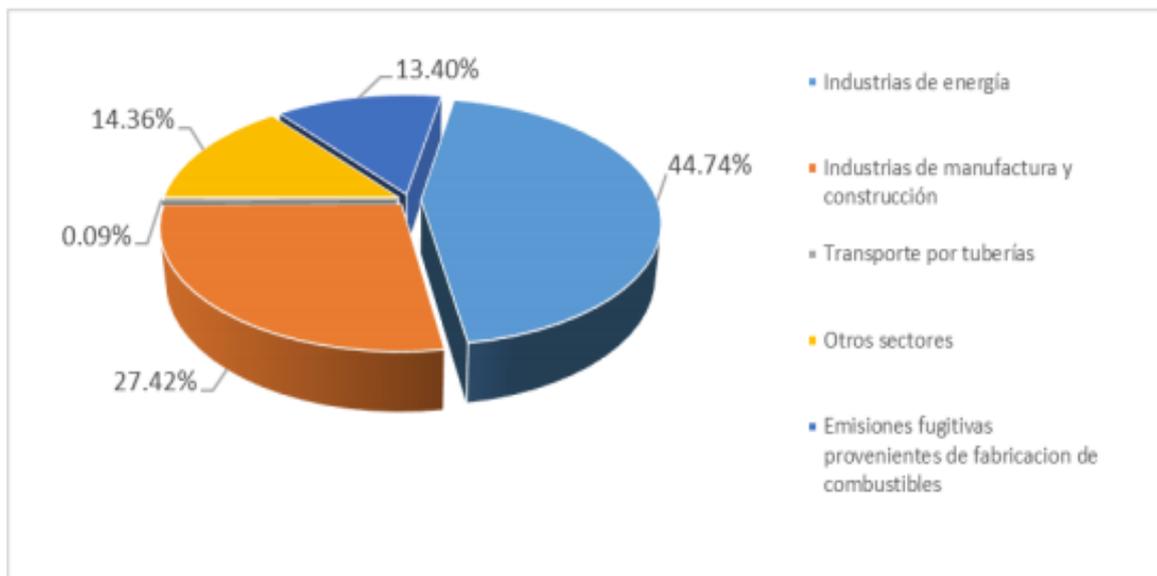


Figura 22: Emisiones de GEI por subcategoría, 2014.

Fuente: Minam (2019)

Nota: El gráfico corresponde al Sector Energía-Combustión estacionaria y emisiones fugitivas

## 1.2.9. La Huella de carbono y la eficiencia energética

Según Pandey, Agrawal y Pandey (2010) la huella de carbono es un indicador que expresa los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera como consecuencia de las actividades para la generación o consumo de bienes o servicios en todos los procesos de su ciclo de vida y se expresa en kilogramos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Se definen 3 alcances por cuestiones de reporte y contabilidad de GEI (ver figura 22)

### 1.2.9.1. Límites operacionales

#### 1.2.9.1.1. Alcance 1: Emisiones directas de GEI

Se entiende como las emisiones de fuentes que pertenecen a la empresa o por las cuales la empresa es responsable (World Resources Institute y WBCSD, 2005).

#### 1.2.9.1.2. Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad

Contiene las emisiones debido a la producción de energía adquirida y de consumo para la organización (World Resources Institute y WBCSD, 2005).

#### 1.2.9.1.3. Alcance 3: Otras emisiones indirectas

Este último alcance es opcional, describe a las emisiones resultantes de las actividades de la organización que no pertenecen a su propiedad (World Resources Institute y WBCSD, 2005).

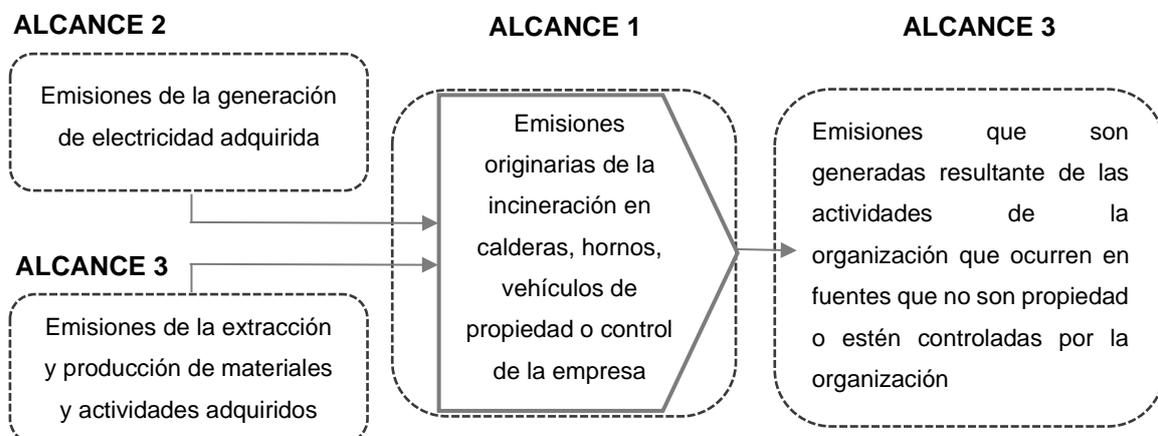


Figura 23: Enfoque global para el análisis de emisiones y huella de carbono  
Fuente: Espíndola & Valdemarra (2012)

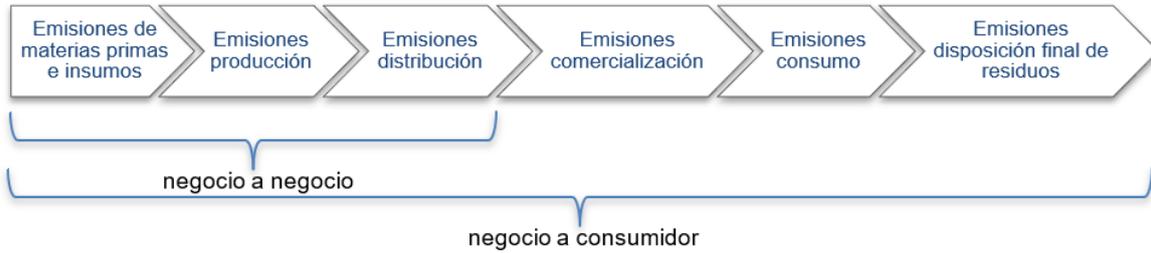


Figura 24: Enfoque de las emisiones y huella de carbono orientado al análisis del ciclo de vida de los productos en base al proceso

Fuente: Espíndola & Valdemarra (2012)

### 1.2.9.2. Cálculo de la Huella de Carbono

Para empezar el cálculo de la huella de carbono, se debe de expresar los gases de efecto invernadero en una unidad equivalente en Kg de CO<sub>2</sub>:

- CH<sub>4</sub> = 25 Kg de CO<sub>2</sub>
- 1 kg N<sub>2</sub>O = 298 Kg CO<sub>2</sub>

Cuando todos los valores de GEI estén en una misma unidad se pueden resumir y expresar como CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq).

### 1.2.9.3. Factor de emisión

El factor de emisión permite contabilizar las emisiones de GEI a partir de reseñas de actividades disponibles (por ejemplo: Kwh de energía consumida) y las emisiones totales de GEI. Este factor de emisión depende del tipo de elemento, para esta investigación depende del tipo de combustible a trabajar (ver Tabla 8).

Tabla 8  
Factor de emisión

Tipo de combustible	Factor de emisión (kgCO <sub>2</sub> eq/kWh)	Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/kWh)
Diesel	9.7	0.002560
Gasolina	7.9	0.002090
Electricidad	0.615	0.000615

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2017)

La fórmula a emplear para el cálculo de CO<sub>2</sub> eq, se resume en:

$$CO_2 \text{ eq} = \text{Datos de cada elemento} \times \text{Factor de emisión}$$

Según Guzmán, Araya, Castro y Obando (2016) menciona que actualmente se incentiva la búsqueda de nuevas opciones de energías renovables para menguar cambio climático y conseguir sistemas de generación de energías sostenibles; tenemos la energía solar, de biomasa y otras fuentes renovables que permita el secuestro del carbono y la adaptabilidad al cambio climático.

Los proyectos de generación eléctrica que tienen como fuente recursos renovables han mitigado un aproximado de 6.4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq. en un periodo de 8 años contando desde el 2008, obteniendo una mitigación del 37% de emisiones de CO<sub>2</sub> mitigadas por la (ver figura 24)

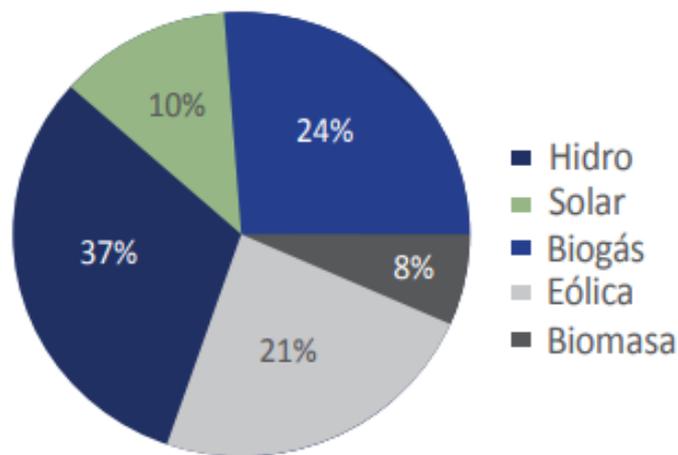


Figura 25: Emisiones de CO<sub>2</sub> mitigadas del 2008 – 2016  
 Nota: Incluye las emisiones mitigadas de CH<sub>4</sub> expresadas en CO<sub>2</sub> equivalentes.  
 Fuente: Osinergmin (2017)

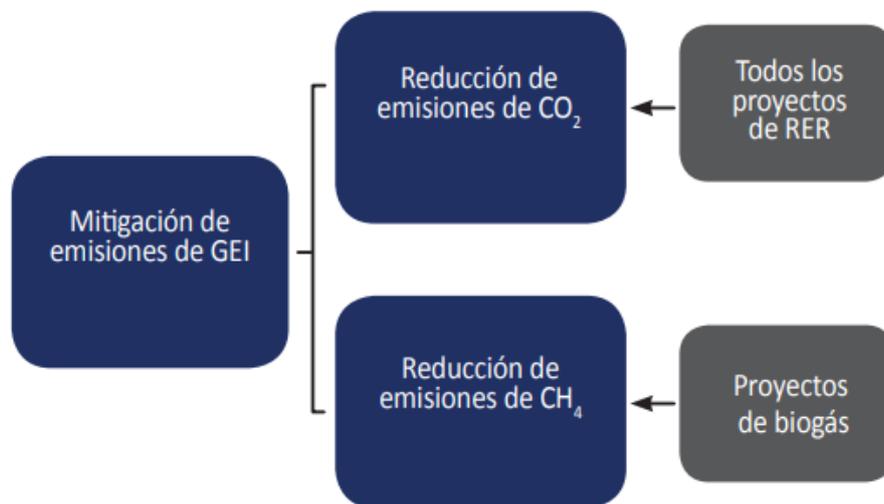


Figura 26: Mitigación de GEI por tipo de proyecto de RER

### **1.3. Definición De Términos Básicos**

- a) Sostenibilidad: Tiene como meta satisfacer las necesidades presentes sin afectar generaciones futuras.
- b) Energía sostenible: energía que tiene la capacidad de compensar las necesidades presentes de la población sin perjudicar los recursos y capacidades de las generaciones futuras.
- c) Eficiencia: capacidad de producir más y de mejor calidad con menos recursos.
- d) Eficiencia energética: Acciones, medidas en conjunto para optimizar el consumo de energía, productos y servicios obtenidos.
- e) Recursos energéticos renovables (RER): recursos que se pueden extraer y ser repuestos de manera natural a largo plazo.
- f) Efecto invernadero: fenómeno que mantiene la temperatura en condiciones que permita la vida en la Tierra.
- g) Gases de efecto invernadero (GEI): Son de origen natural o antropogénico que absorben y emiten radiación.
- h) Cambio climático: Variación del clima global
- i) Huella de carbono: Indicador ambiental que expresa los gases de efecto invernadero emitidos de manera directa o indirecta por el individuo o empresa, al acumularse estos gases en la atmósfera se genera el efecto invernadero.
- j) Alcances: se emplea para términos de contabilidad de los gases de efecto de invernadero (GEIs)
- k) Emisiones directas de GEI: Emisiones que se generan de fuentes que tienen como propiedad las empresas.
- l) Emisiones indirectas de GEI: Emisiones que son resultantes de las actividades a la que se dedica la empresa.
- m) Inventario: Lista de cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero.
- n) Inventario del alcance 1: Reporte de las emisiones de GEO de la organización.
- o) Inventario del alcance 2: Reporte de emisiones asociadas a la energía eléctrica consumida por la organización.

- p) Celda fotovoltaica: Permite la transformación de la luz solar a electricidad.
- q) Irradiancia: energía liberada del sol que llega a la superficie terrestre (W/m<sup>2</sup>).
- r) Irradiación: Cantidad de irradiancia que se recibe en la superficie en un determinado tiempo, en términos básicos se define como la potencia (Wh/m<sup>2</sup>).
- s) Horas de sol pico: Cantidad de energía solar recibida en horas por 1 m<sup>2</sup> de superficie.
- t) Watt pico: Pico máximo de potencia en condiciones normales
- u) Consumo eléctrico: Energía requerida para el correcto funcionamiento de un aparato electrónico en un intervalo.

## 1.4. Marco Normativo

### 1.4.1. Acuerdos Internacionales

En la Tabla 8 se observa el listado de acuerdos internacionales y conferencias llevados a cabo hasta la actualidad respecto a recursos energéticos renovables.

Tabla 9  
*Principales acuerdos internacionales*

Conferencia o Acuerdos	Objetivos y decisiones
Proclamación de Marrakech (noviembre 2016)	22° Conferencia de las partes sobre Cambio Climático en Marruecos, participaron 111 países (80 % de la emisión de GEI a nivel mundial) rectificaron el acuerdo de París. 50 países con vulnerabilidad mayor al cambio climático se comprometieron generar en su totalidad energía con recursos energéticos renovables, en la brevedad del tiempo.
Acuerdo París (diciembre 2015)	21° Conferencia de las partes sobre el Cambio Climático en París, 195 países establecieron acuerdos para mitigar GEI y mantener la temperatura global por debajo de 2°C, compromiso hacia una economía baja en carbono.

Conferencia o Acuerdos	Objetivos y decisiones
La plataforma de Durban (diciembre 2012)	17° Conferencia de las partes sobre el Cambio Climático en Sudáfrica. Se destaca la implementación la implementación del marco legal Grupo de Trabajo <i>Ad Hoc</i> el cual facilita la acción climática, se acordó optimizar las metas para la disminución de GEI.
Acuerdo de Copenhague (diciembre 2009)	15° Conferencia de las partes sobre el Cambio Climático (COP 15) en Dinamarca, tuvo el objetivo de establecer medidas para conservar la temperatura mundial del planeta por menos de 2°C, también se establecieron metas para mitigar GEI.
Cumbre Mundial sobre Alimentación (junio 2002)	Se definen 03 grandes retos para la energía: <ul style="list-style-type: none"> <li>- energía y cocina</li> <li>- acceso a la energía en el sector rural</li> <li>- energía sostenible en el sector urbano</li> </ul>
3ª Cumbre Mundial sobre los PV (mayo 2001)	Incentivar el desarrollo de energías renovables con políticas atrayentes para la población.
CSD-9 Comisión de Desarrollo Sostenible, 9ª sesión (abril 2001)	Promover la energía como herramienta de desarrollo sostenible. Temas claves: acceso a la energía, eficiencia energética, energías renovables, tecnologías avanzadas de combustibles fósiles, tecnologías de energía nuclear, energía rural, energía y transporte.
Sesión Especial de la Asamblea General de Naciones Unidas para revisar la implementación de la Agenda 21. (Nueva York, junio de 1997)	Realizar políticas para optimizar la eficiencia energética. Se crea la comisión centrada en la energía y el desarrollo sostenible.
Cumbre Mundial Solar (septiembre 1996)	Promover el uso de energías renovables para mejorar el desarrollo económico y social.
Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos HABITAT II (junio 1996)	Incentivar el uso sostenible y el acceso a energías renovables.
4ª Conferencia Mundial de la Mujer (Beijing, septiembre 1995)	Dar soporte al acceso de la mujer a las energías renovables en las actividades participativas en todos los niveles de gobierno.

<b>Conferencia o Acuerdos</b>	<b>Objetivos y decisiones</b>
	Asegurar la participación de las mujeres en la planificación energética.
Cumbre Mundial del Desarrollo Social (marzo 1995)	Optimizar la disponibilidad y accesibilidad de servicios de energía a nivel local y comunitario. Incentivar el uso de energías renovables en la zona rural.
Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo (septiembre 1994)	Incentivar en los gobiernos el desarrollo e implementación de políticas de gestión ambiental en las localidades.
Convención de Naciones Unidas para combatir la desertificación en los países con graves problemas de sequía (junio 1994)	Promover políticas del área pública para el desarrollo y uso eficiente de fuentes de energía renovable.
Cumbre de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (mayo 1992)	Estabilizar la concentración de GEI para cerciorar la adecuada funcionalidad de los ecosistemas, la seguridad de la producción alimentaria y el desarrollo sostenible.
Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo y Medio Ambiente (Rio de Janeiro, junio 1992) 2ª Cumbre de la Tierra.	Agenda 21: Plan de acción de los Estados para convertir las directrices de desarrollo a uno sostenible. Incentivar el desarrollo sostenible mediante el aprovechamiento eficiente de energías; incorporar energías renovables. Disminuir el efecto negativo ocasionado en la atmósfera por el sector energético.
Conferencia de Naciones Unidas sobre Nuevas Fuentes Renovables de Energía (Nairobi, diciembre 1981)	Incentivar el desarrollo y uso de las nuevas fuentes de energía renovables. Programa de Acción de Nairobi.

Fuente: WEHAB Working Group (2002)

#### **1.4.2. Marco Normativo de RER**

En el Perú el desarrollo de los proyectos de generación con Recursos Energéticos Renovables (RER) se inició en el año 2008, con la publicación de un marco normativo especial que incentiva el uso de energías renovables.

Este marco normativo define como RER a las fuentes de energía eólica, solar, de biomasa, de geotermia, mareomotriz, y la mini hidráulica con una capacidad de

hasta 20 MW; respaldadas por las siguientes leyes, normas y procedimientos (ver figura 25)

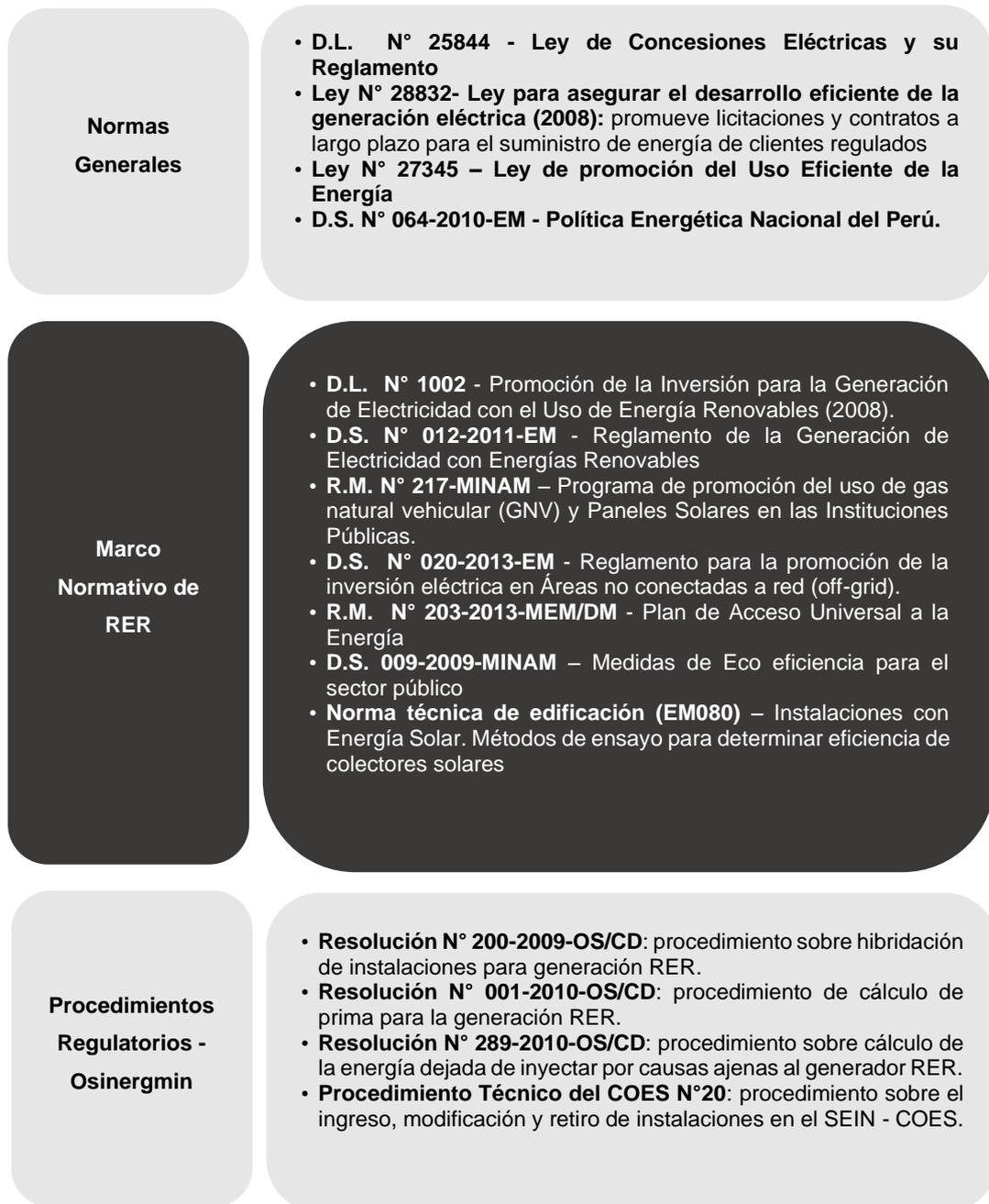


Figura 27. Marco Normativo de Recursos Energéticos Renovables. Obtenido de Osinergmin (2019)

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO

#### 2.1. Delimitación del Proyecto

##### 2.1.1. Temporal

El presente trabajo de investigación toma la información mensual para el análisis del consumo energético desde febrero 2019 hasta enero del 2020.

##### 2.1.2. Espacial

El presente trabajo de investigación se desarrollará en la azotea del pabellón administrativo en la UNTELS y se ubica en la intersección de la Av. Bolívar y la Av. Central en el distrito de Villa el Salvador, provincia de Lima y departamento de Lima.

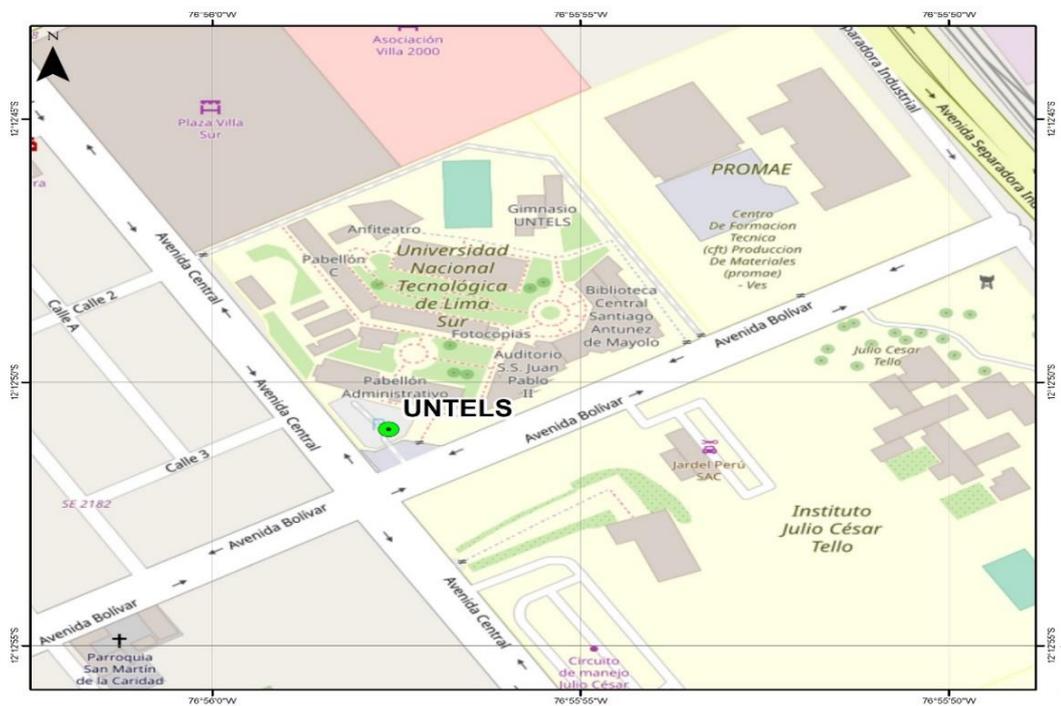


Figura 28. Localización del área de estudio  
Fuente: Elaboración propia

### **2.1.3. Recopilación de información disponible**

Para el presente trabajo de investigación se tomó como punto de partida información muy útil elaborada por OSINERGMIN en el 2017 La industria de Energía Renovable en el Perú.

También tenemos recopilación de tesis que aportan significativamente a la elaboración de esta investigación:

- Caracterización de un sistema fotovoltaico de 3,3 kW interconectado a la red eléctrica del CERT-UNJBG
- Diseño de un sistema fotovoltaico interconectado a red de 4.5 kW en el complejo policial la despensa -en el distrito de José Leonardo Ortiz - provincia de Chiclayo - Lambayeque.
- Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca
- Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red con soporte de almacenamiento en la Universidad Tecnológica de Pereira
- Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP
- Alumbrado público con energía renovable en la Universidad de Piura

### **2.1.4. Trabajo en gabinete de la información técnica/ materiales**

La información disponible y necesaria para este trabajo de investigación es:

- Datos de consumo energético en Kilo Watts Hora de la UNTELS con la finalidad de tener un panorama en el gasto de la energía y así poder simular un correcto dimensionamiento. Estos datos han sido proporcionados por la universidad.
- Datos de las Horas Sola Pico de la UNTELS esto es fundamental ya que es la cantidad de radiación que abastecerá el generador fotovoltaico, este dato es fundamental para los cálculos del dimensionamiento. Usando las coordenadas de la universidad

descargaremos esta información de la página *Photovoltaic Geographical Information System PVGIS*.

- Datos del área disponible, se debe tener en cuenta este dato ya que si el área con la que se cuenta es muy pequeña no podríamos hacer un dimensionamiento muy extenso, además el área debe estar libre de sombras para que no existe interrupción en la captación de energía solar. Se está simulando el dimensionamiento en la azotea del pabellón administrativo.
- Datos de la sombra generada entre los paneles, para el cálculo de sombras entre filas de paneles se deberá revisar la ficha técnica de los paneles para obtener sus dimensiones.

### 2.1.5. Análisis e interpretación de la información recopilada

La información recopilada en el presente trabajo de investigación, son datos de radiación solar y energía consumida del sistema convencional, se han organizado en tablas para una mejor apreciación.

La radiación solar dada en horas sol pico está dada por software PV GIS PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, en donde nos da la radiación mensual a un ángulo óptimo de 15° con orientación del panel hacia el norte, el promedio diario de las horas solar pico es de 4.9 kWh/m<sup>2</sup> (ver Anexo 1).

Tabla 10  
*Radiación mensual con un ángulo de 15°*

N.º	Mes	N.º Días	Irradiación Mensual a 15°	Irradiación Diaria
1	Ene	31	183.30	5.9
2	Feb	28	158.80	5.7
3	Mar	31	193.66	6.2
4	Abr	30	184.04	6.1
5	May	31	147.12	4.7
6	Jun	30	107.79	3.6
7	Jul	31	117.37	3.8
8	Ago	31	163.98	5.3
9	Set	30	136.76	4.6

10	Oct	31	142.75	4.6
11	Nov	30	123.96	4.1
12	Dic	31	134.17	4.3
Irradiación Promedio Diaria en KWh/m <sup>2</sup>				4.9

Fuente: Elaboración propia

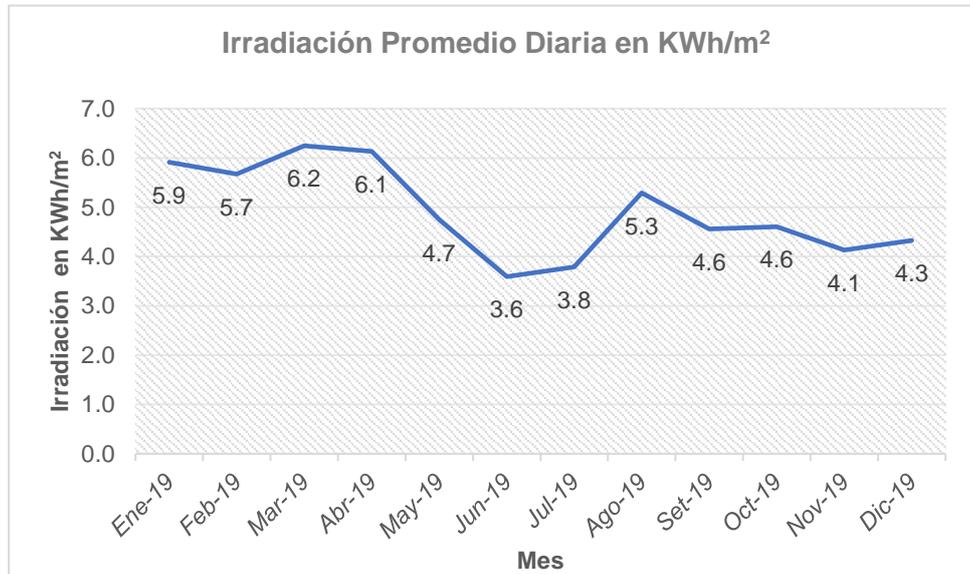


Figura 29. Gráfico de irradiación solar mensual

Fuente: PVGIS (2020)

Se organiza el consumo mensual de la universidad en KWh ya que este será el punto de partida para el correcto cálculo de paneles solares.

Tabla 11

Consumo mensual del sistema convencional en la UNTELS en KWh

N.º	Año	Mes	Consumo KWh-mes
1	2019	Febrero	26928
2	2019	Marzo	27576
3	2019	Abril	35268
4	2019	Mayo	37212
5	2019	Junio	39942
6	2019	Julio	34524
7	2019	Agosto	22824
8	2019	Setiembre	37254
9	2019	Octubre	37788

10	2019	Noviembre	35196
11	2019	Diciembre	29418
12	2020	Enero	17508
Consumo promedio mensual KWh-mes			31787
Consumo promedio diario KWh-día			1045

Fuente: PVQGIS (2020)

## 2.2. Determinación y análisis del problema

La Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur cuenta actualmente con un sistema de abastecimiento de energía eléctrica convencional proporcionado por la empresa Luz del Sur el cual obtiene su fuente de energía eléctrica principalmente de centrales hidroeléctricas y de centrales térmicas las cuales provocan un desequilibrio ecológico y aportan al ambiente una gran cantidad de gases de efecto invernadero respectivamente, lo que se busca es producir la energía mediante un sistema fotovoltaico proporcionado de fuente con energía solar, esto servirá para tener un sistema híbrido, que funcione tanto con energía convencional y renovable, con la energía renovable se busca abastecer un 2% del consumo total de la universidad. Así la universidad estaría cumpliendo con Resolución Ministerial N°217-2013-MINAM Programa de Promoción del Uso de Gas Natural (GNV) y Paneles Solares en Instituciones Públicas, que forma parte del Decreto Supremo N°009-2009-MINAM Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público que permitirán mejorar la calidad energética.

Esto conlleva a que las actividades realizadas en la UNTELS tengan como fin optimizar la energía convencional y hacer uso de la energía solar.

Tendremos un sistema con energía convencional y energía renovable para el abastecimiento de energía eléctrica en la UNTELS

## **2.3. Modelo de solución propuesto**

### **2.3.1. Elección de componentes**

El generador fotovoltaico que se está proponiendo a la UNTELS para la captación y suministro de energía limpia se dimensiona con componentes reconocidos en el mercado solar por su calidad, fiabilidad técnica y económica.

#### *2.3.1.1. Panel solar*

Los módulos fotovoltaicos serán de la marca Jinko Solar del modelo JKM335PP-72 son de tipo policristalino con una potencia de 335 W. Sus células fotovoltaicas de alta eficiencia y vidrio texturizado de alta transmisión permiten que el módulo minimiza los costos y maximiza su producción energética. La calidad del marco de aluminio del módulo es resistente a la corrosión, y superligero, asegurando de forma estable los módulos (ver Anexo 2).

#### *2.3.1.2. Inversor*

Se contará con un inversor de la marca Fronius del modelo Fronius Symo 6.0-3-M con una potencia de 6 KW este se encarga de transformar la corriente continua del generador fotovoltaico a corriente alterna para que pueda ser suministrada a la red de baja potencia para disminuir el gasto de la facturación mensual en UNTELS (ver Anexo 3).

### **2.3.2. Dimensionamiento**

Para poder dimensionar de forma correcta debemos definir la carga promedio de energía diaria que deseamos abastecer, en este caso la universidad tiene un consumo promedio de 1045.04 KWh y la finalidad es abastecer con energía limpia el 2% del consumo diario lo cual equivale a 20.9KWh. Esta información se toma de los últimos doce recibos de luz de la universidad, ya que por el estado de emergencia sanitaria que pasa el país, las actividades empezaron a disminuir desde febrero del presente año razón por la cual se toma la información desde febrero del 2019 hasta enero del 2020.

Debemos tener definido hacia donde estarán orientados los paneles y el

Latitud del lugar	Ángulo de inclinación del módulo
De 0° a 15°	15°
De 15° a 25°	El mismo que la latitud
De 25° a 30°	Latitud + 5°
De 30° a 35°	Latitud + 10°
De 35° a 40°	Latitud +15°
Mas de 40°	Latitud + 20°

ángulo de inclinación que estos tendrán respecto a la superficie horizontal, esto con la finalidad que los paneles puedan captar la mayor cantidad de energía solar, el ángulo de inclinación modulo será 15° ya que la universidad se encuentra en la *latitud 12° 12' 50.20"* y la *orientación debe ser apuntando hacia la línea ecuatorial*, como nos encontramos en el hemisferio sur la cara del panel debe estar orientada hacia el norte.

Tabla 12  
*Ángulo de inclinación vs latitud*

Fuente: Caicedo Vargas y Torres Ortega (2020)

Teniendo la información del consumo mensual en KWh de la UNTELS (ver tabla 11) el diseño pretende cubrir 20.9 kWh que es un 2% del promedio diario del consumo. Se empezará en base a esta información empezamos a calcular el número de paneles necesarios para cubrir esta demanda con la siguiente ecuación.

$$N_{\text{paneles}} = \frac{E_{\text{diaria}} * 125\%}{P_{\text{panel}} * H_{\text{sp}} * n_{\text{inversor}}}$$

$E_{\text{diaria}}$  : Energía promedio diaria consumida por la UNTELS, en este caso se cubrirá el 2%

$P_{\text{panel}}$  : Potencial del panel fotovoltaico

$H_{\text{sp}}$  : Hora solar pico

$n_{\text{inversor}}$  : Eficiencia del inversor

Como medida de protección el 125% significa el sobredimensionamiento para asegurar la cantidad de paneles y en el caso del inversor la eficiencia tiene un rango que va desde un 0.8 hasta un 0.9 en este caso se tomara el valor de 0.9

La información de las horas solar pico las podemos corroborar en la página de Photovoltaic Geographical Information System PV GIS, y podremos apreciar que la irradiación solar acumulada diaria es de 4.9 kWh/m<sup>2</sup> (ver Tabla 10).

$$N_{\text{paneles}} = \frac{20.9 * 125\%}{335 * 4.9 * 0.9}$$

$$N_{\text{paneles}} = 17.7$$

Después del cálculo el número de paneles requeridos es 17.7, dimensionaremos el abastecimiento con 18 paneles solares de la marca Jinko Solar con una potencia de 335 W, lo cual nos entregara una potencia de 6030W.

Una vez dimensionada la cantidad de paneles requeridos, calculamos la potencia que entrara al inversor para poder elegirlo, utilizamos la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia de entrada} = V_{mp} * I_{mp} * N_{\text{paneles}}$$

$V_{mp}$  : Máxima capacidad de voltaje del panel

$I_{mp}$  : Máxima capacidad de corriente del panel

$N_{\text{paneles}}$  : Numero de paneles a instalar

$$\text{Potencia de entrada} = 38 * 8.82 * 18$$

$$\text{Potencia de entrada} = 6032.88 \text{ W}$$

La potencia de entrada resultante al inversor es 6032.88W. El inversor seleccionado tiene una capacidad de 6000W, no existirá problema ya que el inversor tiene la capacidad de aguantar un 20% de sobrecarga.

Después calculamos el número de paneles en serie y en paralelo, para hallar el número de paneles en serie la suma de sus voltajes no debe exceder el voltaje de

entrada del inversor, y para hallar el número de paneles en paralelo la suma de su amperaje no debe exceder el amperaje de entrada del inversor.

La tensión resultante al conectar los paneles en serie debe ser menor a la tensión de entrada del inversor.

$$\text{Tension de entrada del inversor} > V_{mp} * \text{Paneles en serie}$$

$$800 > 38 * 9$$

$$800 > 342$$

Al cumplir con este requisito damos conformidad para conectar 9 paneles en serie.

La corriente debe ser la suma de las corrientes del panel multiplicado por las filas en paralelo y esta no debe exceder a la corriente de entrada del inversor.

$$\text{Corriente de entrada del inversor} > I_{mp} * \text{Paneles en paralelo}$$

$$18 > 8.82 * 2$$

$$18 > 17.64$$

Al cumplir con este requisito damos conformidad para conectar 2 filas de paneles en paralelo. La instalación eléctrica del sistema fotovoltaico comenzará en el generador fotovoltaico que estará compuesto de 18 paneles de 335 W, con 2 filas en paralelo y cada fila tendrá 9 paneles en serie los cuales emitirán corriente continua, después esta corriente pasara por el inversor de 6KW para ser transformada en corriente alterna, después esta corriente pasara por un tablero de protección para posteriormente abastecer en promedio del 2% del consumo total en la universidad. Para proteger la integridad del generador fotovoltaico al final de cada ramal se colocarán fusibles y diodos de bloqueo a modo de protección.

Calcularemos la producción mensual de energía renovable que nos brinda el generador fotovoltaico ya que la radiación es un factor determinante en este trabajo de investigación.

$$\text{Produccion KWh} - \text{mes} = P_{GF} * H_{sp} * N_{mes} * n_{inversor}$$

*Produccion KWh – mes*: Producción mensual de energía renovable

$P_{GF}$ : Potencia del generador fotovoltaico en Watts

$H_{sp}$ : Horas solar pico

$N_{mes}$ : Número de días del mes

$n_{inversor}$ : Eficiencia del inversor

Tabla 13

*Producción de Kwh-mes de energía renovable*

N°	Mes	$N_{mes}$	$H_{sp}$	$n_{inversor}$	$P_{GF}$	Producción de energía renovable KWh-mes
1	Ene	31	5.9	0.9	6030	994.77
2	Feb	28	5.7	0.9	6030	861.81
3	Mar	31	6.2	0.9	6030	1050.99
4	Abr	30	6.1	0.9	6030	998.79
5	May	31	4.7	0.9	6030	798.42
6	Jun	30	3.6	0.9	6030	584.98
7	Jul	31	3.8	0.9	6030	636.97
8	Ago	31	5.3	0.9	6030	889.92
9	Set	30	4.6	0.9	6030	742.20
10	Oct	31	4.6	0.9	6030	774.70
11	Nov	30	4.1	0.9	6030	672.73
12	Dic	31	4.3	0.9	6030	728.14

Fuente: Elaboración propia

Tenemos una producción promedio mensual de 811.20 KWh y una producción anual de 9734.41 KWh, en la gráfica se muestra como varia la producción de energía renovable ya que radiación recibida no es constante, pero en ningún momento se deja de producir menos del 2% propuesto.

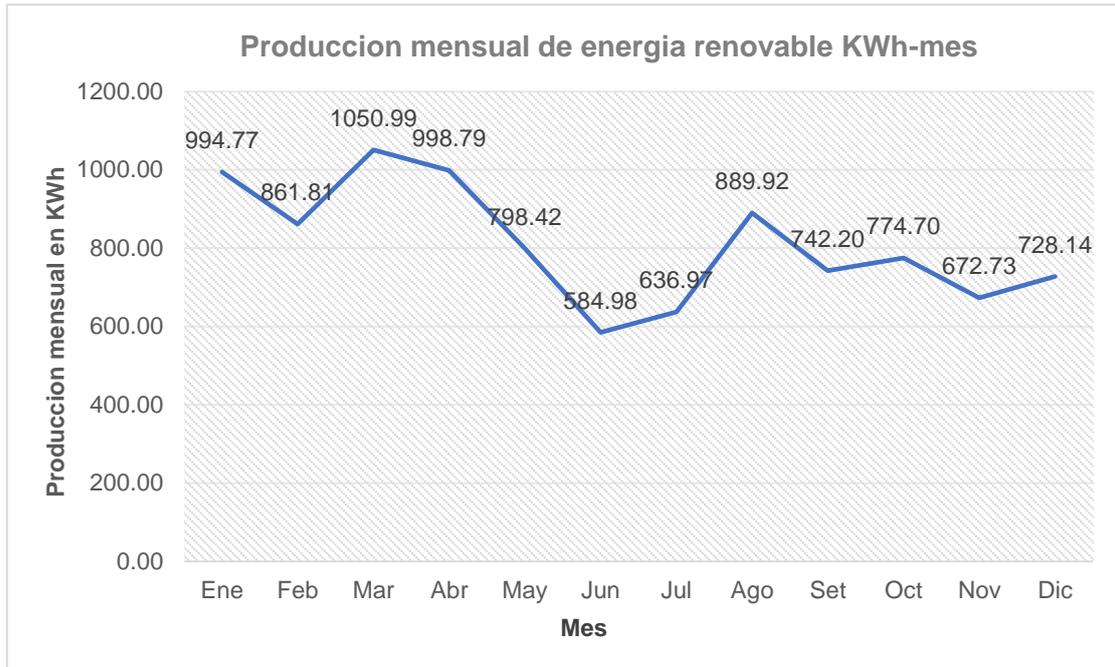


Figura 30. Gráfico de producción mensual de energía renovable  
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la producción mensual de energía renovable en KWh podemos calcular la cantidad de dióxido de carbono equivalente para poder hallar el ahorro en la huella de carbono, ya que empezaremos a suministrar un porcentaje de energía limpia mensual para el consumo en la universidad. Usando el factor de emisión que nos brinda el alcance 2 del protocolo de gases de efecto invernadero lograremos calcular la reducción de dióxido de carbono equivalente, este factor se usara cuando la fuente sea generación eléctrica adquirida o consumida.

Tabla 14:

Factor de emisión de dióxido de carbono equivalente del Alcance 2 del Protocolo de GEI

Tipo de combustible	Factor de emisión (kgCO <sub>2</sub> eq/kWh)	Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/kWh)
Electricidad	0.615	0.000615

Fuente: Arias (2018)

Tabla 15.  
Cálculo de Dióxido de Carbono equivalente

N.º	Mes	Producción del generador KWh-mes	Factor de emisión ( $kgCO_2 eq/kWh$ )	$kgCO_2 eq$ -mes
1	Ene	994.77	0.615	611.78
2	Feb	861.81	0.615	530.01
3	Mar	1050.99	0.615	646.36
4	Abr	998.79	0.615	614.25
5	May	798.42	0.615	491.03
6	Jun	584.98	0.615	359.76
7	Jul	636.97	0.615	391.73
8	Ago	889.92	0.615	547.30
9	Set	742.20	0.615	456.45
10	Oct	774.70	0.615	476.44
11	Nov	672.73	0.615	413.73
12	Dic	728.14	0.615	447.81

Fuente: Elaboración propia

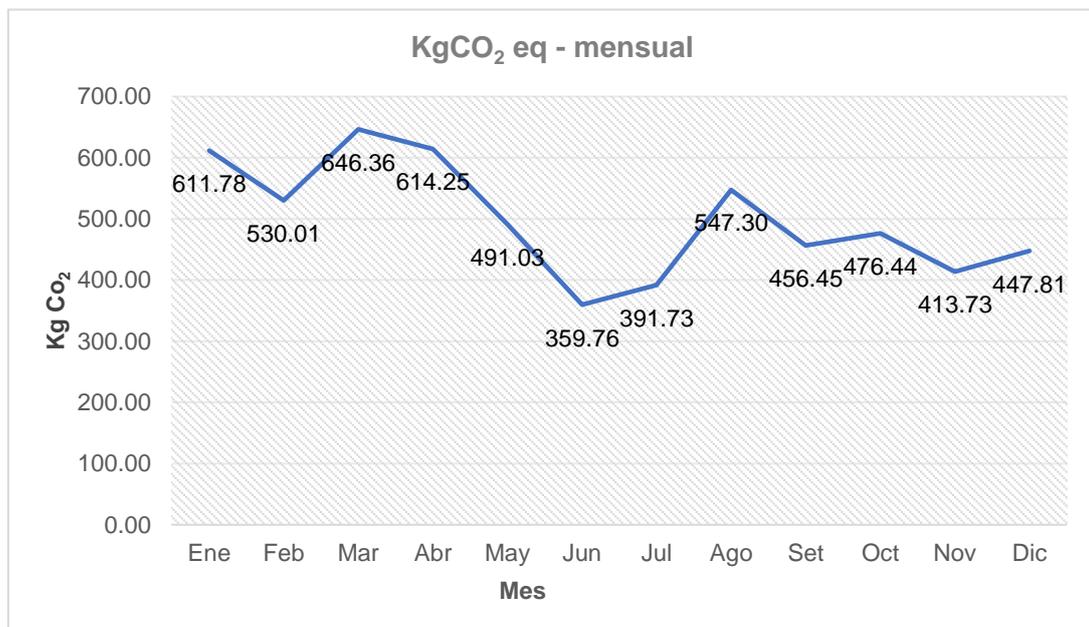


Figura 31 Gráfico del Dióxido de Carbono equivalente mensual del consumo de energía solar en la universidad.

Fuente: Elaboración propia

Podemos interpretar que tendremos una reducción promedio mensual de 498.89 Kg CO<sub>2</sub> eq y al año se podrá dejar de emitir 5986.66 Kg CO<sub>2</sub> eq, esto es equivalente a 6 tKg CO<sub>2</sub> eq lo cual es una cantidad considerable ya que el sistema solo abastece en promedio un 2% del consumo total.

### 2.3.3. Análisis económico

Antes de empezar con el análisis de los indicadores económicos debemos tener en cuenta el precio por KWh que nos cobran por el sistema convencional y la tasa de crecimiento anual en el cobro por KWh por parte de las empresas de energía eléctrica convencional.

El costo de energía eléctrica por KWh del sistema convencional es de 0.5939 soles, según Plasencia Coronel (2018). La tasa de crecimiento anual en el costo de energía eléctrica del sistema convencional es 0.0339 soles, según López Barboza (2019)

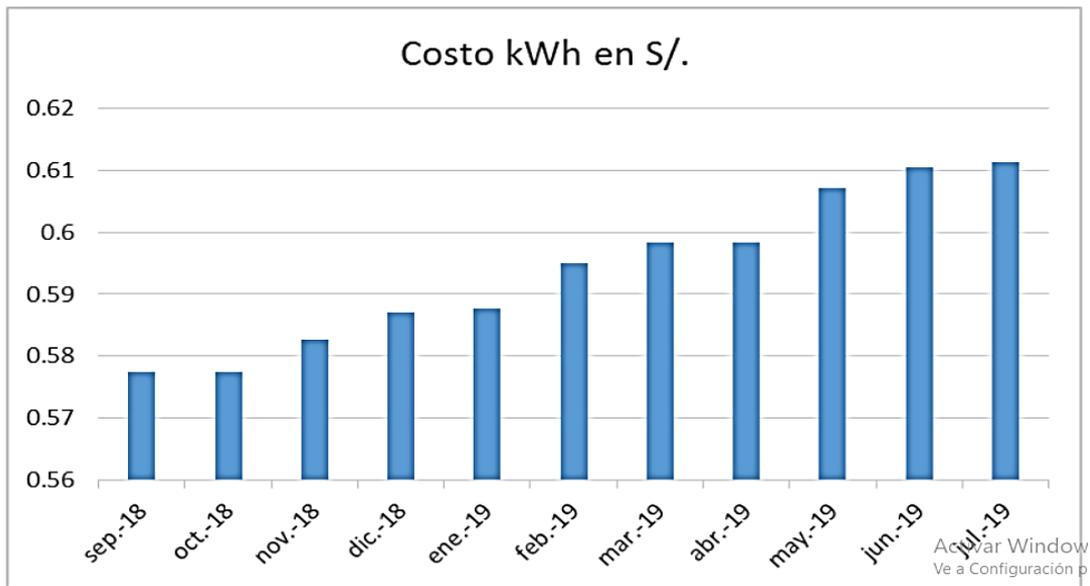


Figura 32 Tasa de crecimiento anual en el costo de energía eléctrica del sistema convencional.

Fuente: López (2019)

En esta sección del trabajo de investigación se realizará un análisis económico con la finalidad de poder evaluar si es viable o no realizar esta propuesta en la UNTELS.

Los dos parámetros que se utilizan en este análisis económico son el Valor Actual Neto VAN el cual nos dará el flujo de caja de los ingresos menos los egresos, y la Tasa Interna de Retorno TIR **es un porcentaje que mide la viabilidad de un proyecto, siempre que la TIR sea mayor que un 12% el proyecto será económicamente viable.**

Se cotizaron los precios con diferentes proveedores confiables y responsables como la empresa Fuente **Alternativa Servicios e Ingeniería y la empresa Autosolar** siempre cuidando obtener componentes confiables.

Tabla 16  
*Cotización de componentes y accesorios*

<b>Componentes y accesorios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
Panel Jinko Solar 335W	18	S/561.60	S/10,108.8
Inversor Fronius Symo 6.0-3	1	S/8,288.3	S/8,288.30
Estructura Metálica	1	S/3,508.5	S/3,508.50
Accesorios de protección, llaves térmicas, cableado	1	S/3,902.3	S/3,902.30
Transporte e instalación	1	S/2,229.9	S/2,229.90
SUBTOTAL			S/25,935.0
IGV 18%			S/4,668.30
<b>TOTAL</b>			<b>S/30,603.3</b>

Fuente: Elaboración propia

En este caso no se consideran mantenimientos anuales ya que al ser una universidad tecnológica los alumnos de la carrera de ingeniería ambiental de los ciclos VI, VII y VIII en los cursos de Desarrollo Sostenible, Energías Renovables y Tecnología Ambiental pueden realizar prácticas preprofesionales para poder fortalecer sus conocimientos adquiridos y promover la investigación en el sector de energías renovables.

### 2.3.3.1. Cálculo del VAN y la TIR

Se aplica la siguiente formula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - I$$

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} - I$$

t: beneficio neto de flujo anual

I: Inversión inicial

r: Tasa de descuento

t: tiempo o periodo

n: número de año

Para el cálculo del VAN y la TIR utilizamos Microsoft Excel (ver Anexo 4) y el simulador Gâbilos Software (ver Anexo 5) para el cálculo de los indicadores. Considerando que el tiempo de vida útil del sistema fotovoltaico es de 25 años, esta estimación se obtiene de las fichas técnicas de los componentes de las marcas seleccionadas. Además, en caso se solicite un préstamo a una entidad bancaria la tasa promedio es de un 10%.

Después necesitamos saber el flujo anual en soles que sale producto del ahorro en KWh gracias al generador fotovoltaico, para esto usamos el costo de KWh que cada año incrementara con una tasa de crecimiento de 0.0339 soles por la generación anual del sistema fotovoltaico.

Tabla 17  
*Flujo anual en soles del ahorro en KWh*

<b>Año</b>	<b>Costo KWh</b>	<b>del</b>	<b>Ahorro anual KWh</b>	<b>en Ingresos</b>	<b>Egresos (Inversión Inicial)</b>	<b>Flujo de caja anual acumulado</b>
0	-	-	-	-	S/30,603.30	-S/30,603.3
1	0.5939		9734.41	S/5,781.27	-	S/5,781.27
2	0.6278		9734.41	S/6,111.26	-	S/6,111.26
3	0.6617		9734.41	S/6,441.26	-	S/6,441.26
4	0.6956		9734.41	S/6,771.26	-	S/6,771.26
5	0.7295		9734.41	S/7,101.25	-	S/7,101.25
6	0.7634		9734.41	S/7,431.25	-	S/7,431.25
7	0.7973		9734.41	S/7,761.25	-	S/7,761.25
8	0.8312		9734.41	S/8,091.24	-	S/8,091.24
9	0.8651		9734.41	S/8,421.24	-	S/8,421.24
10	0.899		9734.41	S/8,751.23	-	S/8,751.23
11	0.9329		9734.41	S/9,081.23	-	S/9,081.23
12	0.9668		9734.41	S/9,411.23	-	S/9,411.23
13	1.0007		9734.41	S/9,741.22	-	S/9,741.22
14	1.0346		9734.41	S/10,071.22	-	S/10,071.22
15	1.0685		9734.41	S/10,401.22	-	S/10,401.22
16	1.1024		9734.41	S/10,731.21	-	S/10,731.21
17	1.1363		9734.41	S/11,061.21	-	S/11,061.21
18	1.1702		9734.41	S/11,391.21	-	S/11,391.21
19	1.2041		9734.41	S/11,721.20	-	S/11,721.20
20	1.238		9734.41	S/12,051.20	-	S/12,051.20
21	1.2719		9734.41	S/12,381.20	-	S/12,381.20
22	1.3058		9734.41	S/12,711.19	-	S/12,711.19
23	1.3397		9734.41	S/13,041.19	-	S/13,041.19
24	1.3736		9734.41	S/13,371.19	-	S/13,371.19
25	1.4075		9734.41	S/13,701.18	-	S/13,701.18

Fuente: Elaboración propia

El proyecto de investigación el cual propone suministrar energía limpia se considera rentable ya que tiene un VAN de s/ 44 213.06 soles y una TIR de 23.26%, la TIR al ser mayor que 12% nos indica que el proyecto propuesto es rentable.

## 2.4. Proyección para implementación de paneles solares en una vivienda promedio

Tomando como referencia una vivienda promedio cuyo consumo promedio mensual de energía 181.88 KWh con un costo de KWh de 0.5939 soles, tendremos un gasto mensual de s/ 108.01 soles. Se detalla el consumo de cargas y una simulación al implementar paneles solares para suministrar energía limpia y reducir costos.

Tabla 18  
Consumo mensual de energía en una vivienda promedio

ARTEFACTOS ELÉCTRICOS	POTENCIA WATTS (W)	CANT	HORAS DE USO	FRECUENCIA DE USO	CONSUMO MENSUAL (KWh)
Refrigeradora	350	1	2	Día	21.00
Olla Arrocera	1000	1	1	Día	30.00
Horno microondas	1100	1	1	Día	33.00
Televisor 29"	175	3	4	Día	21.00
Computadora	600	1	2	Día	36.00
Plancha	1000	1	3	Semana	12.00
Licudadora	300	1	3	Semana	3.60
Batidora	200	1	2	Semana	1.60
DVD	20	3	8	Semana	0.64
Impresora	400	1	2	Semana	3.20
Equipo de sonido	80	1	2	Semana	0.64
Lavadora	500	1	3	Semana	6.00
Aspiradora	600	1	2	Semana	4.80
Terma eléctrica	1500	1	1	Semana	6.00
Focos ahorradores	20	8	4	Día	2.40
CONSUMO PROMEDIO MENSUAL EN KWH					181.88
CONSUMO PROMEDIO DIARIO EN WH					5979.62

Fuente: Elaboración Propia

Para simulación de autoconsumo debemos elegir un porcentaje para abastecer, al ser un sistema conectado a red y no contar un sistema de almacenamiento de energía, se propondrá un suministro de un 60% de energía limpia, es decir abasteceremos 3587 Wh de un consumo diario de 5979.62 Wh.

Calculamos el número de paneles.

$$N_{\text{paneles}} = \frac{E_{\text{diaria}} * 125\%}{P_{\text{panel}} * H_{\text{sp}} * n_{\text{inversor}}}$$

$$N_{\text{paneles}} = \frac{3587 * 125\%}{335 * 4.9 * 0.9}$$

$$N_{\text{paneles}} = 3.04$$

Dimensionaremos un sistema con 3 paneles con una potencia de 335 W cada uno. La potencia de entrada al inversor será de:

$$\text{Potencia de entrada} = V_{\text{mp}} * I_{\text{mp}} * N_{\text{paneles}}$$

$$\text{Potencia de entrada} = 38 * 8.82 * 3$$

$$\text{Potencia de entrada} = 1005.48 \text{ W}$$

La potencia de entrada resultante al inversor es 1005.48W. El inversor seleccionado para una vivienda tiene una capacidad de 1000W, no existirá problema ya que el inversor tiene la capacidad de aguantar un 20% de sobrecarga y se estaría sobrecargando el inversor en un 0.54%.

El arreglo de los paneles fotovoltaicos estará compuesto por una fila en paralelo y 3 paneles en serie.

Calcularemos la producción mensual de energía renovable que nos brinda el sistema fotovoltaico para una vivienda.

$$\text{Produccion KWh} - \text{mes} = P_{\text{GF}} * H_{\text{sp}} * N_{\text{mes}} * n_{\text{inversor}}$$

$$\text{Produccion KWh} - \text{mes} = 1005 * 4.9 * 30 * 0.9$$

$$\text{Produccion KWh} - \text{mes} = 132.96 \text{ KWh}$$

También calculamos la reducción en la huella de carbono.

$$\text{kgCO}_2 \text{ eq} - \text{mes} = \text{Producción del KWh} - \text{mes} * \text{Factor de emisión (kgCO}_2 \text{ eq/kWh)}$$

$$\text{kgCO}_2 \text{ eq} - \text{mes} = 132.96 \text{ KWh} * 0.615 \text{ kgCO}_2 \text{ eq/KWh}$$

$$\text{kgCO}_2 \text{ eq} - \text{mes} = 81.77 \text{ kgCO}_2 \text{ eq}$$

Una familia que implemente paneles solares podrá producir en promedio 132.96 KWh al mes y también tendrá un ahorro en la huella de carbono de 81.77 kgCO<sub>2</sub>, y los paneles fotovoltaicos solamente ocuparan un área de 5.94 m<sup>2</sup>

#### 2.4.1. Análisis económico para implementación en una vivienda

Tabla 19  
Cotización de precios

Componentes y accesorios	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Jinko Solar 335W	3	S/561.60	S/1,684.80
Inversor Must Solar 1000 W	1	S/1,026.10	S/1,026.10
Estructura Metálica	1	S/584.70	S/584.70
Accesorios de protección, llaves térmicas, cableado	1	S/650.40	S/650.40
Transporte e instalación	1	S/371.60	S/371.60
SUBTOTAL			S/4,317.60
IGV 18%			S/947.70
<b>TOTAL</b>			<b>S/5,265.30</b>

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando Excel (ver Figura 33) para calcular el VAN y la TIR damos conformidad a que se pueda realizar la implementación ya que el VAN es s/ 6997.49 soles y la TIR es 22.29%

AÑO	Costo del KWh	Ahorro anual en KWh	Ingresos	Egresos	Flujo de caja acumulado
0	-	-	-	S/5,265.3	-S/5,265.3
1	0.5939	1595.52	S/947.6	-	S/947.58
2	0.6278	1595.52	S/1,001.7	-	S/1,001.67
3	0.6617	1595.52	S/1,055.8	-	S/1,055.76
4	0.6956	1595.52	S/1,109.8	-	S/1,109.84
5	0.7295	1595.52	S/1,163.9	-	S/1,163.93
6	0.7634	1595.52	S/1,218.0	-	S/1,218.02
7	0.7973	1595.52	S/1,272.1	-	S/1,272.11
8	0.8312	1595.52	S/1,326.2	-	S/1,326.20
9	0.8651	1595.52	S/1,380.3	-	S/1,380.28
10	0.899	1595.52	S/1,434.4	-	S/1,434.37
11	0.9329	1595.52	S/1,488.5	-	S/1,488.46
12	0.9668	1595.52	S/1,542.5	-	S/1,542.55
13	1.0007	1595.52	S/1,596.6	-	S/1,596.64
14	1.0346	1595.52	S/1,650.7	-	S/1,650.72
15	1.0685	1595.52	S/1,704.8	-	S/1,704.81
16	1.1024	1595.52	S/1,758.9	-	S/1,758.90
17	1.1363	1595.52	S/1,813.0	-	S/1,812.99
18	1.1702	1595.52	S/1,867.1	-	S/1,867.08
19	1.2041	1595.52	S/1,921.2	-	S/1,921.17
20	1.238	1595.52	S/1,975.3	-	S/1,975.25
21	1.2719	1595.52	S/2,029.3	-	S/2,029.34
22	1.3058	1595.52	S/2,083.4	-	S/2,083.43
23	1.3397	1595.52	S/2,137.5	-	S/2,137.52
24	1.3736	1595.52	S/2,191.6	-	S/2,191.61
25	1.4075	1595.52	S/2,245.7	-	S/2,245.69
	<b>Tasa de interes</b>	0.1		<b>VAN</b>	S/6,997.49
	<b>n</b>	25		<b>TIR</b>	22.29%

Figura 33 Hoja de cálculo Excel del VAR y TIR

## RESULTADOS

De acuerdo al procedimiento elaborado se logrará abastecer un promedio mensual de 811.20 KWh y una producción anual de 9734.41 KWh de energía limpia esto gracias a un generador fotovoltaico de 6030 W que está conformado por 18 paneles de 335W, 9 de estos paneles en serie y 2 filas en paralelo.

Para la ciudad de Lima, específicamente para las coordenadas de la universidad el software PVGIS nos facilita la información para determinar una radiación promedio diaria de 4.9 KWh/m<sup>2</sup>, en el mes de marzo obtendremos una radiación máxima de 6.2 KWh/m<sup>2</sup> y en el mes de junio obtendremos una radiación mínima de 3.6 KWh/m<sup>2</sup>, en base a la radiación solar se determina que el generador fotovoltaico puede aportar 811.20 KWh de forma mensual, aunque en el mes de junio se obtenga la menor radiación en ningún momento se dejara de abastecer satisfactoriamente menos del 2% propuesto con el generador fotovoltaico.

El análisis económico realizado para determinar la viabilidad del proyecto determino un VAN de S/. 44 213.06 soles con una tasa de descuento del 10% en un horizonte de 25 años también obtenemos una TIR de 23.26%, lo que hace viable económicamente nuestro proyecto ya que la TIR supera el 12%.

La reducción del dióxido de carbono va a ser proporcional a la producción de energía que produzca nuestro generador fotovoltaico, ya que a mayor producción de energía limpia menor será el consumo de la energía convencional de la red eléctrica y es ahí donde tendremos la reducción en la generación de dióxido de carbono, tenemos reducción promedio mensual de 498.89 *kgCO<sub>2</sub> eq* y al año se podrá dejar de emitir 5986.66 *kgCO<sub>2</sub> eq*.

## CONCLUSIONES

Los paneles solares garantizan durante todo el año el suministro de energía limpia, apoyando en la reducción de gases de efecto invernadero y reflejando beneficios en la reducción de la facturación mensual, esto gracias a que se suministra un promedio mensual de 811.20 KWh y un promedio anual de 9734.41 KWh de energía limpia.

Satisfactoriamente se puede dimensionar de forma correcta el sistema fotovoltaico ya que contamos con un potencial solar aceptable, el rango aceptable oscila entre 4.5 a 5.5 KWh/m<sup>2</sup> y específicamente para las coordenadas en la UNTELS contamos con un potencial promedio de 4.9 KWh/m<sup>2</sup>, con lo cual nuestro generador fotovoltaico de 18 paneles con un área total de 35.62 m<sup>2</sup> tendrá una producción promedio mensual de 811.20 KWh y una producción anual de 9734.41 KWh de energía limpia para ser consumida en las instalaciones de la UNTELS.

El análisis económico realizado para determinar la viabilidad del proyecto determinó un VAN de S/. 44 213.06 soles y una TIR de 23.26%, lo que hace viable económicamente nuestro proyecto ya que la TIR supera el 12%. Para la viabilidad del proyecto no debemos dejar de lado otros factores, por ejemplo:

- Reducción en la generación de Gases de Efecto Invernadero.
- Promover la investigación de los recursos energéticos renovables
- Marketing para la institución por el uso de energías limpias.

El área de nuestro generador fotovoltaico para 18 paneles de 335W equivale a 35.62 m<sup>2</sup> con esta área poder abastecer el 2% de la energía consumida en la universidad y podemos garantizar una reducción mensual en la emisión de dióxido de carbono de 498.89 *kgCO<sub>2</sub> eq* y al año se podrá dejar de emitir 5986.66 *kgCO<sub>2</sub> eq*, son casi 6 toneladas de dióxido de carbono que gracias a energía solar se dejaron de emitir a la atmósfera.

## RECOMENDACIONES

- Impulsar la investigación en energías renovables.
- Fomentar el manejo adecuado de los sistemas fotovoltaicos.
- Verificar que los paneles estén libres de sombras durante la captación de radiación solar para evitar que reduzcan la generación de energía.
- Recomendable dar una limpieza a la parte superior de los paneles fotovoltaicos dos veces cada semana.
- Acciones de ecoeficiencia, reducción de uso de artefactos eléctricos, usar luz natural en aulas.
- Empezar una transición a equipos que tengan el etiquetado de eficiencia energética, en ejemplo los focos LED, esto en base al DS N°009-2017 MINEM el cual aprueba el Reglamento Técnico sobre Etiquetado de Eficiencia Energética.
- Estas recomendaciones se verán reflejadas significativamente de manera positiva en la disminución de la facturación mensual de energía en la UNTELS.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, R., & Cevallos, A. (2019). *Implementación de un sistema de iluminación a nivel fotovoltaico para el área recreacional de la carrera de Ingeniería Ambiental, ESPAM MFL*. Informe de trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabi Manuel Félix López, Carrera de Medio Ambiente, Calceta.
- Arias, D. (2018). *Determinación de la huella de carbono en las actividades administrativas correspondientes a la municipalidad Distrital de Carhuamayo - Provincia de Junín, para controlar la emisión de gases de efecto invernadero*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de formación profesional de Ingeniería Ambiental, Cerro de Pasco.
- Caicedo Vargas, J. S., & Torres Ortega, J. A. (2020). *Evaluación técnico ambiental para la implementación de un sistema fotovoltaico*. Publicaciones e investigación, Universidad de La Salle, Facultad de ingeniería, Bogotá. doi:<https://doi.org/10.22490/25394088.3920>
- Caminati, A., Ipanqué, C., Miranda, Z., Ruiz, F., Rojas, M., & Seminario, B. (2013). *Alumbrado público con energía renovable en la universidad de Piura*. Repositorio Institucional PIRHUA, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Área departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Piura.
- Castañeda, A. (2015). *Manual para la evaluación técnica - económica de: "Sistemas Foltovotaicos interconectados a la red apoyados a través del PPrograma de Fidecomiso de riego compartido"*.
- CMNUCC. (2007). *Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto*. Alemania.
- (s.f.). *Componentes de una instalación solar fotovoltaica*. Boletín informativo.
- Espíndola, C., & Valdemarra, J. (2012). Huella del carbono. Parte 1: Conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *SciELO*, 23(1). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>

- Fernández, J. (2018). *Energías Renovables para todos*. Energías Renovables.
- Fernández, L., & Cervantes, A. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira*. Tesis de grado de Maestro en Energías Renovables, Universidad Tecnológica de Altamira, Carrera de mantenimiento industrial, Altamira.
- Guzmán, T., Araya, F., Castro, G., & Obando, J. (2016). *Uso de la energía solar en sistemas de producción agropecuaria: producción más limpia y eficiencia energética*. Tecnología en Marcha, Encuentro de investigación y extensión 2016, Costa Rica. doi:10.18845/tm.v29i8.2984
- Hadzich, M. (2006). *Curso en línea: "Selección de sistemas fotovoltaicos"*. Lima.
- Méndez, J. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica* (2da edición ed.). Madrid, Fundación Confemental.
- Minam. (Diciembre de 4 de 2013). *El Perú crece a mayor ritmo que sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*. Obtenido de Portal web del Minam.
- MINAM. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible e indicadores*. Ministerio del ambiente, Dirección General de Investigación e Información Ambiental, Lima.
- Minam. (2019). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero en el año 2014 y actualización de las estimaciones de los años 200, 2005, 2010 y 2012*. Dirección General de Cambio Climático y Desertificación, Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (25 de Octubre de 2018). *MEM instala panel solar en su sede central para promover uso de energías renovables y la investigación científica*. Obtenido de Portal web del MEM: [http://www.minem.gob.pe/\\_detallenoticia.php?idSector=12&idTitular=8740](http://www.minem.gob.pe/_detallenoticia.php?idSector=12&idTitular=8740)
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Balance Nacional de energía 2018*. Dirección General de Eficiencia Energética, Lima.
- Ministerio del Ambiente. (21 de Marzo de 2018). *Inauguran planta solar más grande del país como parte de la respuesta peruana al cambio climático*. Obtenido de Portal

web MINAM: <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/inauguran-planta-solar-mas-grande-del-pais-como-parte-de-la-respuesta-peruana-al-cambio-climatico/>

Organización de Naciones Unidas. (2015). *Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos*. Obtenido de Portal web de la Organización de Naciones Unidas: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Osinermin. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectiva en la ruta del hacia la transición energética*. Lima.

Perpiñán, O. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. España.

Polo, C., Torres, H., & De La Gala, A. (2019). *Caracterización de un sistema fotovoltaico de 3,3 KW interconectado a la red eléctrica del CERT-UNJBG, Tacna: octubre 2016 - octubre 2017*. Revista científica, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.

Proyecto EnDev/ GIZ. (2013). *Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario*. Lima, Perú.

Ramirez, O., Fernandez, M., & Camblong, J. (2019). *La energía solar fotovoltaica, aplicaciones de las innovaciones tecnológicas en Argentina, la legislación relacionada y sus perspectivas futuras*. libro digital, Universidad Nacional de General Sarmiento, XII Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2019, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Ramos, H., & Rafael, L. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca*. Tesis de maestría en energías renovables, Universidad Tecnológica de Salamanca, Chihuahua.

Ruiz, V., & Silva, M. (2005). *Radiación Solar, medidas y cálculos*. Universidad de Sevilla, Sevilla.

- Sánchez, S., & Franco, J. (2016). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la Universidad Tecnológica de Pereira*. Trabajo de titulación, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de tecnologías, Pereira.
- Santa, E. C. (2016). *Dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico para abastecer cargas de baja potencia y consumo en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la UNALM*. Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias, Lima.
- Valdiviezo, P. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencias e ingeniería, Lima.
- World Resources Institute y WBCSD. (2005). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Cooperativo de Contabilidad y Reporte*. México.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Radiación Solar

Pasos para descargar información sobre la radiación solar en la UNTELS

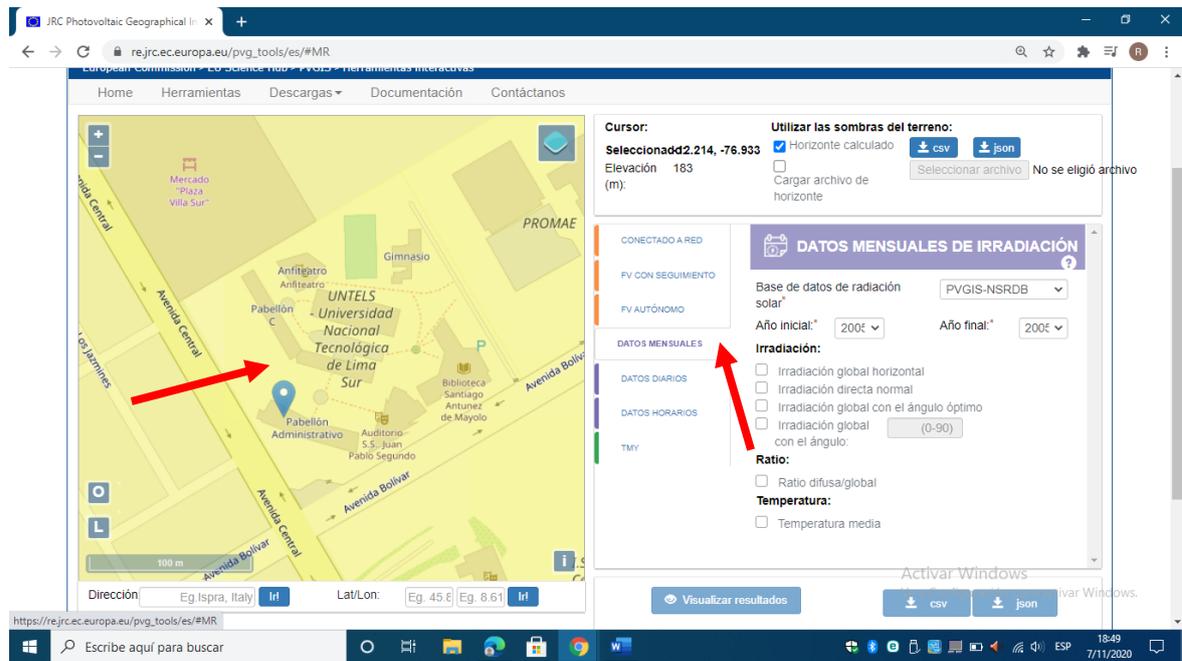
1. Entrar a la página <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>



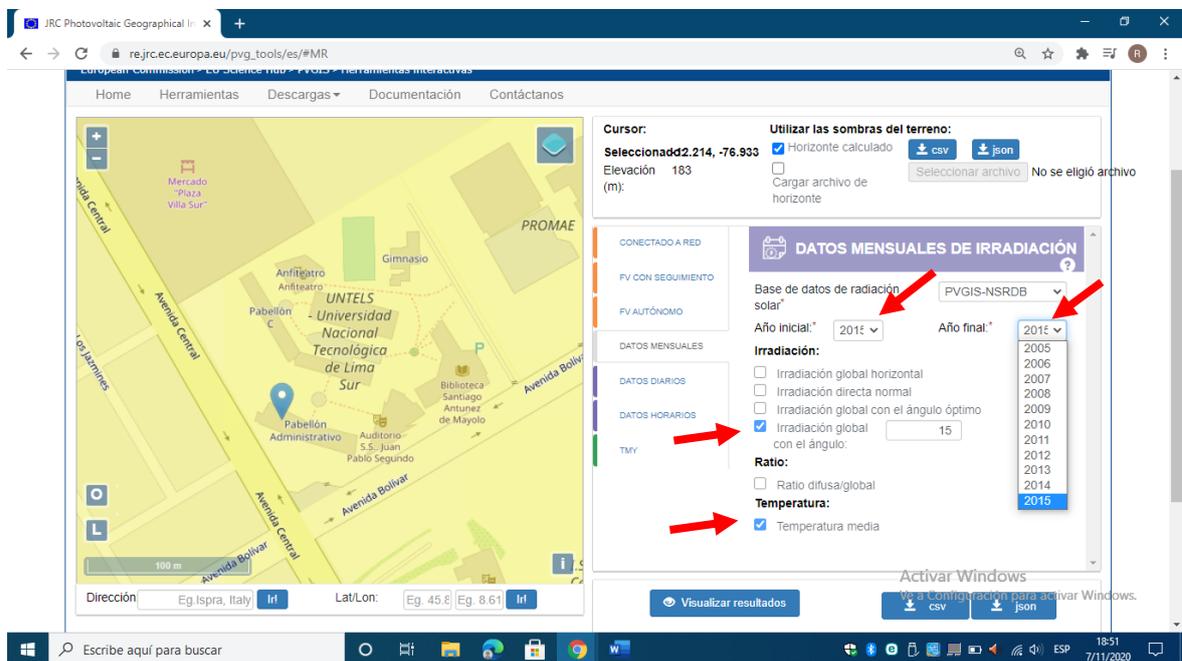
2. Hacer click en “Herramientas de radiación solar”



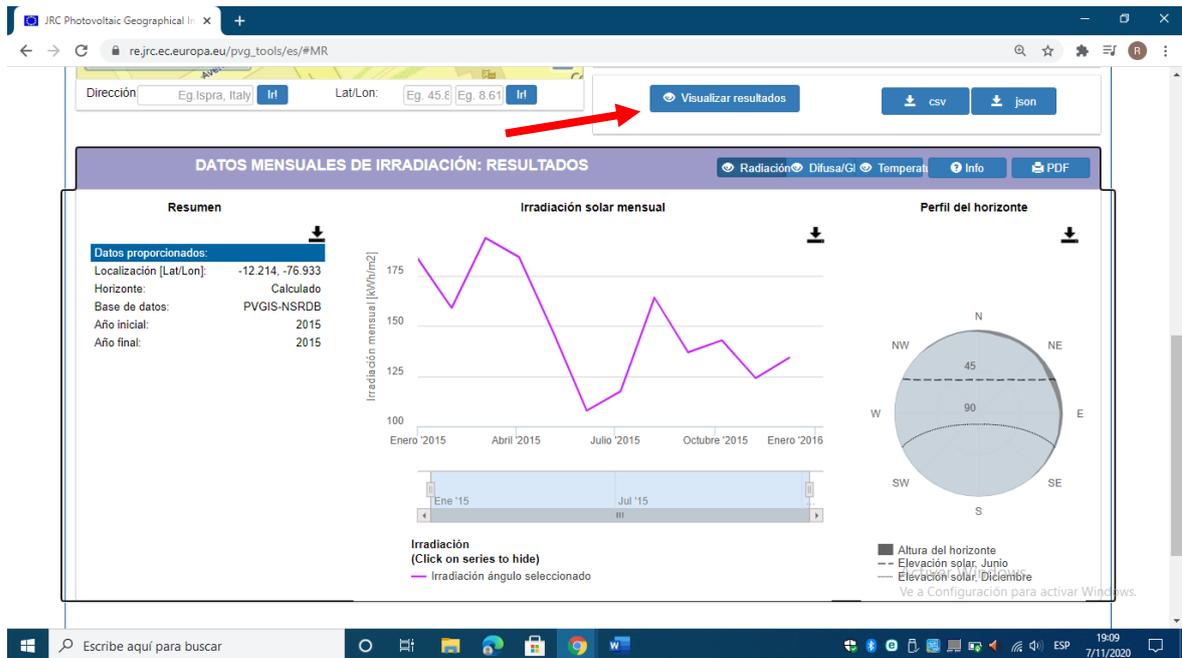
3. Después hacemos click sobre “DATOS MENSUALES”, seguidamente en el mapa localizamos el lugar de donde queremos obtener información y hacemos doble click.



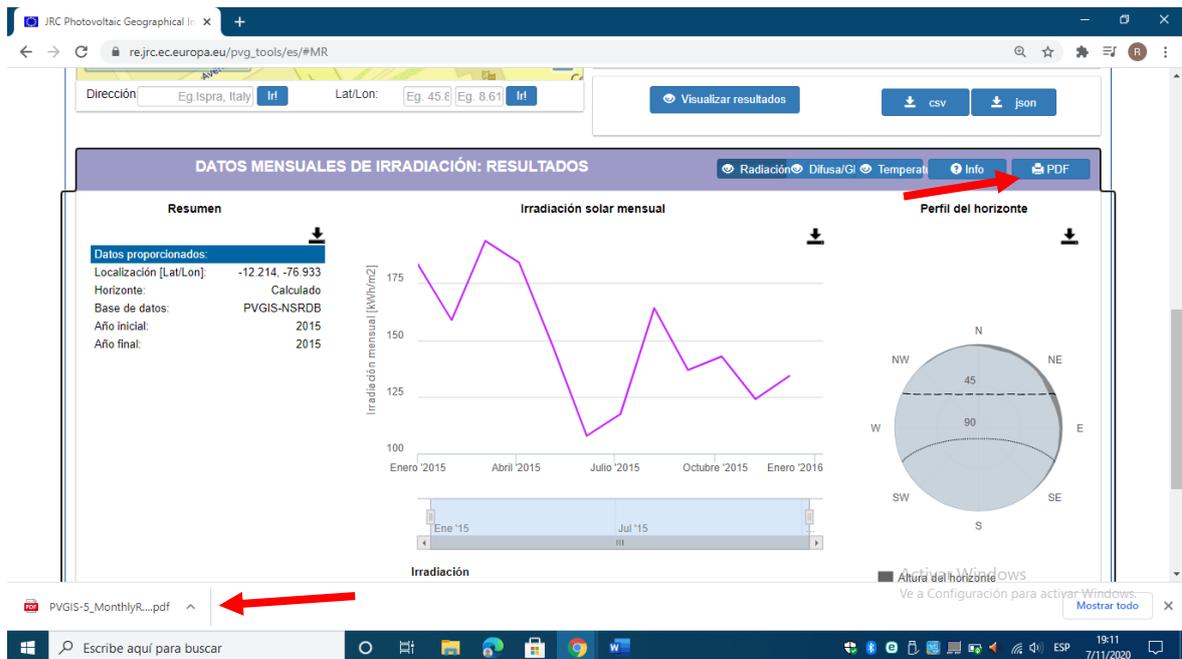
4. Seleccionaremos el último año ya que es la información más actualizada, seleccionaremos “Irradiación global con el ángulo:”, también insertaremos el ángulo en el que estará nuestro sistema, y por último seleccionaremos “Temperatura media”.



5. Seleccionaremos “Visualizar resultados” y obtendremos la información requerida.



6. Podemos descargar la información en formato PDF



## Anexo 2. Ficha técnica del módulo Policristalino Jinko Solar Eagle 320-340W

www.jinkosolar.com



### Eagle 72P

## 320-340 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008 . ISO14001:2004 . OHSAS18001 certified factory

IEC61215 . IEC61730 certified products.



(5BB)



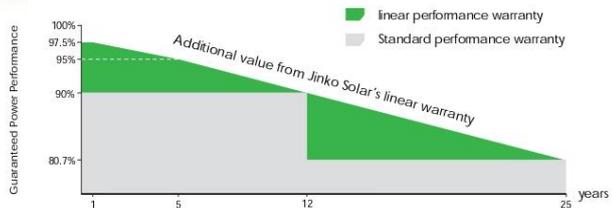
### KEY FEATURES



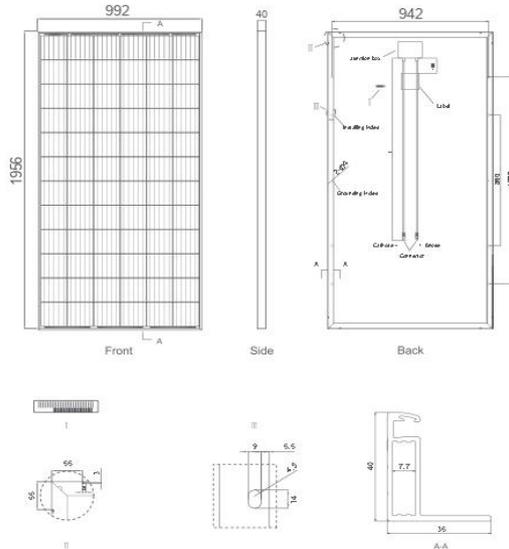
- 
**5 Busbar Solar Cell:**  
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules , offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- 
**High Power Output:**  
 Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.
- 
**PID RESISTANT:**  
 Eagle modules pass PID test, limited power degradation by PID test is guaranteed for mass production.
- 
**Low-light Performance:**  
 Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- 
**Severe Weather Resilience:**  
 Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- 
**Durability against extreme environmental conditions:**  
 High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.
- 
**Temperature Coefficient:**  
 Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



## Engineering Drawings

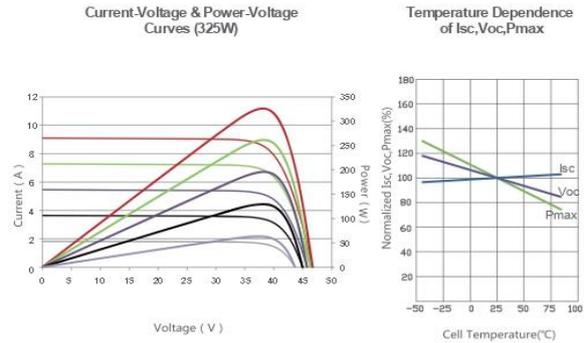


## Packaging Configuration

(Two pallets—One stack)

26pcs/pallet, 52pcs/stack, 624 pcs/40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 156×156mm (6 inch)
No. of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	26.5 kg (58.4 lbs.)
Front Glass	4.0mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm², Length: 1200mm or Customized Length

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM320PP-72		JKM325PP-72		JKM330PP-72		JKM335PP-72		JKM340PP-72	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp	335Wp	249Wp	340Wp	253Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V	38.2V	35.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A	8.82A	6.99A	8.91A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V	47.2V	43.8V	47.5V	44.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A	9.18A	7.52A	9.22A	7.98A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-JKM-340PP-72\_rev1817

## Anexo 3. Ficha técnica Fronius Symo

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



SHIFTING THE LIMITS

### FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro



/ Tecnología  
SnapINverter



/ Comunicación  
de datos integrada



/ Diseño  
SuperFlex



/ Seguimiento  
inteligente GMP



/ Smart Grid  
Ready



/ Inyección cero



/ Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones. La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado. El inversor Fronius Symo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además, que el inversor no incluya energía a la red eléctrica.

#### DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

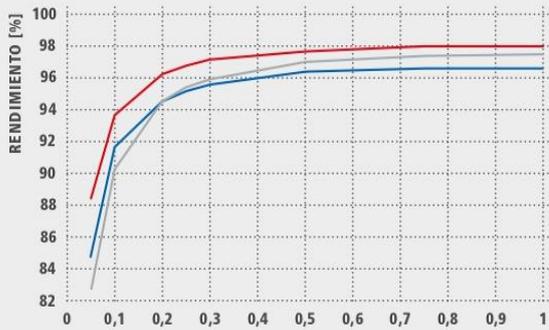
DATOS DE ENTRADA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ max. 1} / I_{dc\ max. 2}^{1)}$ )				16 A / 16 A		
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV ( $MPP_1/MPP_2^{1)}$ )				24 A / 24 A		
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc\ min.}$ )				150 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )				200 V		
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc\ n.}$ )				595 V		
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc\ max.}$ )				1.000 V		
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ min.} - U_{mpp\ max.}$ )	200 - 800 V	250 - 800 V	300 - 800 V		150 - 800 V	
Número de seguidores MPP		1			2	
Número de entradas CC		3			2+2	
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc\ max.}$ )	6,0kW <sub>pico</sub>	7,4kW <sub>pico</sub>	9,0kW <sub>pico</sub>	6,0kW <sub>pico</sub>	7,4kW <sub>pico</sub>	9,0kW <sub>pico</sub>
DATOS DE SALIDA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac\ n.}$ )	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA
Máxima corriente de salida ( $I_{ac\ max.}$ )	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)					
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)					
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %					
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac\ n.}$ )	0,70 - 1 ind. / cap.			0,85 - 1 ind. / cap.		
DATOS GENERALES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm					
Peso	16,0 kg			19,9 kg		
Tipo de protección	IP 65					
Clase de protección	1					
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup>	2 / 3					
Consumo nocturno	< 1 W					
Concepto de inversor	Sin Transformador					
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada					
Instalación	Instalación interior y exterior					
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C					
Humedad de aire admisible	0 - 100 %					
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)					
Tecnología de conexión CC	3 x CC+ y 3 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>			4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>1)</sup>		
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>			5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup> <sup>1)</sup>		
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001+712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 <sup>1)</sup> , CEI 0-21 <sup>1)</sup> , NRS 097					

<sup>1)</sup> Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M y 4.5-3-M.

<sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.

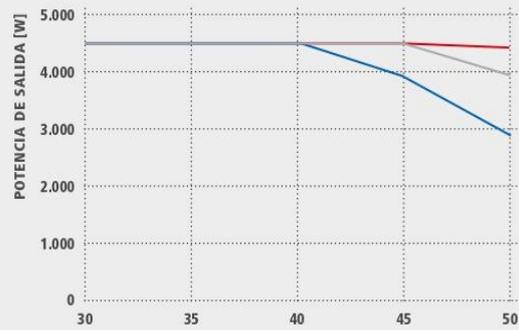
<sup>1)</sup> 16 mm<sup>2</sup> sin necesidad de terminales de conexión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

### CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 4.5-3-S



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA  $P_{AC}/P_{ACR}$  ■ 300 V<sub>DC</sub> ■ 595 V<sub>DC</sub> ■ 800 V<sub>DC</sub>

### REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 4.5-3-S



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 300 V<sub>DC</sub> ■ 630 V<sub>DC</sub> ■ 800 V<sub>DC</sub>

### DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %					
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	96,2 %	96,7 %	97,0 %	96,5 %	96,9 %	97,2 %
$\eta$ con 5 % $P_{AC,r}^{1)}$	80,3 / 83,6 / 79,1 %	83,4 / 86,4 / 80,6 %	84,8 / 88,5 / 82,8 %	79,8 / 85,1 / 80,8 %	81,6 / 87,8 / 82,8 %	83,4 / 90,3 / 85,0 %
$\eta$ con 10 % $P_{AC,r}^{1)}$	87,8 / 91,0 / 86,2 %	90,1 / 92,5 / 88,7 %	91,7 / 93,7 / 90,3 %	86,5 / 91,6 / 87,7 %	87,9 / 93,6 / 90,5 %	89,2 / 94,1 / 91,2 %
$\eta$ con 20 % $P_{AC,r}^{1)}$	92,6 / 95,0 / 92,6 %	93,7 / 95,7 / 93,6 %	94,6 / 96,3 / 94,5 %	90,8 / 95,3 / 93,0 %	91,9 / 96,0 / 94,1 %	92,8 / 96,5 / 95,1 %
$\eta$ con 25 % $P_{AC,r}^{1)}$	93,4 / 95,6 / 93,8 %	94,5 / 96,4 / 94,7 %	95,2 / 96,8 / 95,4 %	91,9 / 96,0 / 94,2 %	92,9 / 96,6 / 95,2 %	93,5 / 97,0 / 95,8 %
$\eta$ con 30 % $P_{AC,r}^{1)}$	94,0 / 96,3 / 94,5 %	95,0 / 96,7 / 95,4 %	95,6 / 97,2 / 95,9 %	92,8 / 96,5 / 95,1 %	93,5 / 97,0 / 95,8 %	94,2 / 97,3 / 96,3 %
$\eta$ con 50 % $P_{AC,r}^{1)}$	95,2 / 97,3 / 96,3 %	96,9 / 97,6 / 96,7 %	96,4 / 97,7 / 97,0 %	94,3 / 97,5 / 96,5 %	94,6 / 97,7 / 96,8 %	94,9 / 97,8 / 97,2 %
$\eta$ con 75 % $P_{AC,r}^{1)}$	95,6 / 97,7 / 97,0 %	96,2 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 98,0 / 97,4 %	94,9 / 97,8 / 97,2 %	95,0 / 97,9 / 97,4 %	95,1 / 98,0 / 97,5 %
$\eta$ con 100 % $P_{AC,r}^{1)}$	95,6 / 97,9 / 97,3 %	96,2 / 98,0 / 97,5 %	96,6 / 98,0 / 97,5 %	95,0 / 98,0 / 97,4 %	95,1 / 98,0 / 97,5 %	95,0 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %					

<sup>1)</sup>  $\eta$  con  $U_{mpp, min.} / U_{dcr} / U_{mpp, max.}$

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí					
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia					
Seccionador CC	Sí					
Protección contra polaridad inversa	Sí					

INTERFACES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)					
6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda					
USB (Conector A) <sup>2)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB					
2 conectores RJ 45 (RS+22) <sup>2)</sup>	Fronius Solar Net					
Salida de aviso <sup>2)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)					
Datalogger y Servidor web	Incluido					
Input externo <sup>2)</sup>	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión					
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador					

<sup>2)</sup> También disponible en la versión light.

### DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$ )			16 A / 16 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP <sub>1</sub> /MPP <sub>2</sub> )			24 A / 24 A	
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc\ mín.}$ )			150 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )			200 V	
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc}$ )			595 V	
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc\ máx.}$ )			1.000 V	
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$ )	163 - 800 V	195 - 800 V	228 - 800 V	267 - 800 V
Número de seguidores MPP			2	
Número de entradas CC			2 + 2	
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	10,0kW <sub>pico</sub>	12,0kW <sub>pico</sub>	14,0kW <sub>pico</sub>	16,4kW <sub>pico</sub>

DATOS DE SALIDA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	5.000 W	6.000 W	7.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	7.000 VA	8.200 VA
Máxima corriente de salida ( $I_{ac\ máx.}$ )	7,2 A	8,7 A	10,1 A	11,8 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)		
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (+5 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal		< 3 %		
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,r}$ )		0,85 - 1 ind. / cap.		

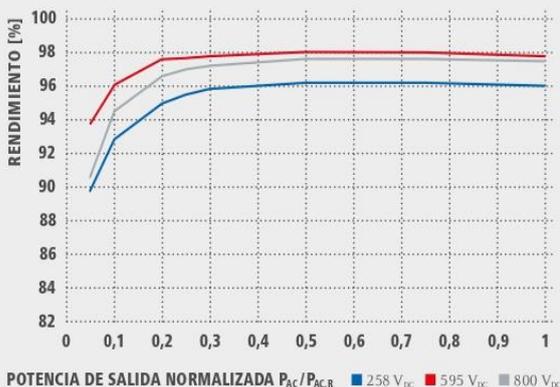
DATOS GENERALES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		645 x 431 x 204 mm		
Peso		19,9 kg		21,9 kg
Tipo de protección		IP 65		
Clase de protección		1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup>		2 / 3		
Consumo nocturno		< 1 W		
Concepto de inversor		Sin Transformador		
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada		
Instalación		Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente		-25 - +60 °C		
Humedad de aire admisible		0 - 100 %		
Máxima altitud		2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)		
Tecnología de conexión CC		4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>2)</sup>		
Tecnología de conexión principal		5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>2)</sup>		
Certificados y cumplimiento de normas		OVE / ONORM E 8001+712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097		

<sup>1)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.

<sup>2)</sup> 16 mm<sup>2</sup> sin necesidad de terminales de conexión.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

### CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 8.2-3-M



### REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 8.2-3-M



### DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %			
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	97,3 %	97,5 %	97,6 %	97,7 %
$\eta$ con 5 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	84,9 / 91,2 / 85,9 %	87,8 / 92,6 / 87,8 %	88,7 / 93,1 / 89,0 %	89,8 / 93,8 / 90,6 %
$\eta$ con 10 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	89,9 / 94,6 / 91,7 %	91,3 / 95,6 / 93,0 %	92,0 / 95,9 / 94,7 %	92,8 / 96,1 / 94,5 %
$\eta$ con 20 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	93,2 / 96,7 / 95,4 %	94,1 / 97,1 / 95,9 %	94,5 / 97,3 / 96,3 %	95,0 / 97,6 / 96,6 %
$\eta$ con 25 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	93,9 / 97,2 / 96,0 %	94,7 / 97,5 / 96,5 %	95,1 / 97,6 / 96,7 %	95,5 / 97,7 / 97,0 %
$\eta$ con 30 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	94,5 / 97,4 / 96,5 %	95,1 / 97,7 / 96,8 %	95,4 / 97,7 / 97,0 %	95,8 / 97,8 / 97,2 %
$\eta$ con 50 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	95,2 / 97,9 / 97,3 %	95,7 / 98,0 / 97,5 %	95,9 / 98,0 / 97,5 %	96,2 / 98,0 / 97,6 %
$\eta$ con 75 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	95,3 / 98,0 / 97,5 %	95,7 / 98,0 / 97,6 %	95,9 / 98,0 / 97,6 %	96,2 / 98,0 / 97,6 %
$\eta$ con 100 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	95,2 / 98,0 / 97,6 %	95,7 / 97,9 / 97,6 %	95,8 / 97,9 / 97,5 %	96,0 / 97,8 / 97,5 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %			

<sup>1)</sup> Y con  $U_{mpp \text{ min.}} / U_{dc,r} / U_{mpp \text{ máx.}}$

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Medición del aislamiento CC				Sí
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC				Sí
Protección contra polaridad inversa				Sí

INTERFACES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs digitales y + inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) <sup>4)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>4)</sup>	Fronius Solar Net			
Salida de aviso <sup>4)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger y Servidor web	Incluido			
Input externo <sup>4)</sup>	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

<sup>4)</sup> También disponible en la versión light.

### DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$ )	27 A / 16,5 A <sup>1)</sup>				33 A / 27 A
Máxima corriente de entrada total utilizada ( $I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$ )	43,5 A				51,0 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP <sub>1</sub> / MPP <sub>2</sub> )	40,5 A / 24,8 A				49,5 A / 40,5 A
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc\ mín.}$ )			200 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )			200 V		
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc\ n.}$ )			600 V		
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc\ máx.}$ )			1.000 V		
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$ )	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Número de seguidores MPP			2		
Número de entradas CC			3+3		
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	15,0 kW <sub>peak</sub>	18,8 kW <sub>peak</sub>	22,5 kW <sub>peak</sub>	26,3 kW <sub>peak</sub>	30,0 kW <sub>peak</sub>

DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac,1}$ )	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Máxima corriente de salida ( $I_{ac\ máx.}$ )	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,1}$ )	0 - 1 ind. / cap.				

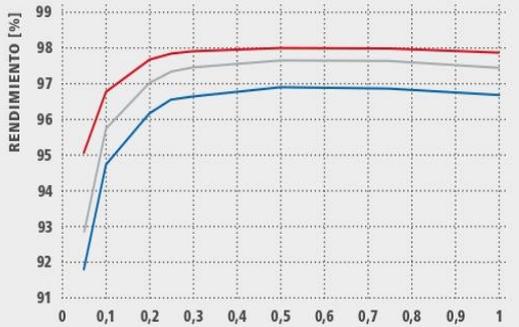
DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)			725 x 510 x 225 mm		
Peso	34,8 kg				43,4 kg
Tipo de protección			IP 66		
Clase de protección			I		
Categoría de sobretensión (CC/ CA) <sup>2)</sup>			1 + 2 / 3		
Consumo nocturno			< 1 W		
Concepto de inversor			Sin Transformador		
Refrigeración			Refrigeración de aire regulada		
Instalación			Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente			-40 - +60 °C		
Humedad de aire admisible			0 - 100 %		
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)				
Tecnología de conexión CC	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, S1 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

<sup>1)</sup> 14,0 A para tensiones < 420 V

<sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión.

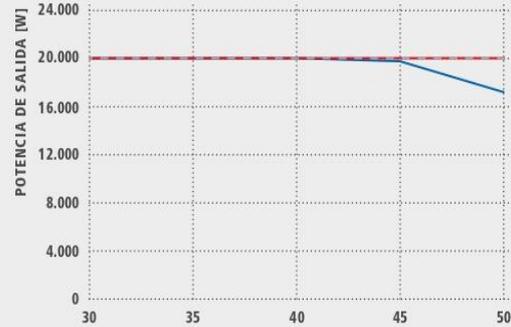
Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

## CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA  $P_{AC} / P_{AC,R}$  ■ 420 V<sub>DC</sub> ■ 600 V<sub>DC</sub> ■ 800 V<sub>DC</sub>

## REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 420 V<sub>DC</sub> ■ 600 V<sub>DC</sub> ■ 800 V<sub>DC</sub>

## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %				
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	97,4%	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
$\eta$ con 5 % $P_{AC,R}$ <sup>1)</sup>	87,9 / 92,5 / 89,2 %	88,7 / 93,1 / 90,1 %	91,2 / 94,8 / 92,3 %	91,6 / 95,0 / 92,7 %	91,9 / 95,2 / 93,0 %
$\eta$ con 10 % $P_{AC,R}$ <sup>1)</sup>	91,2 / 94,9 / 92,8 %	92,9 / 96,1 / 94,6 %	93,4 / 96,0 / 94,4 %	94,0 / 96,4 / 95,0 %	94,8 / 96,9 / 95,8 %
$\eta$ con 20 % $P_{AC,R}$ <sup>1)</sup>	94,6 / 97,1 / 96,1 %	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,9 / 97,4 / 96,7 %	96,1 / 97,6 / 96,9 %	96,3 / 97,8 / 97,1 %
$\eta$ con 25 % $P_{AC,R}$ <sup>1)</sup>	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,6 / 97,6 / 97,0 %	96,2 / 97,6 / 97,0 %	96,4 / 97,8 / 97,2 %	96,7 / 97,9 / 97,4 %
$\eta$ con 30 % $P_{AC,R}$ <sup>1)</sup>	95,6 / 97,5 / 96,9 %	95,9 / 97,7 / 97,2 %	96,5 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 97,9 / 97,4 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
$\eta$ con 50 % $P_{AC,R}$ <sup>1)</sup>	96,3 / 97,9 / 97,4 %	96,4 / 98,0 / 97,5 %	96,9 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %
$\eta$ con 75 % $P_{AC,R}$ <sup>1)</sup>	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 98,0 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %
$\eta$ con 100 % $P_{AC,R}$ <sup>1)</sup>	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 97,8 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	96,9 / 98,1 / 97,6 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs digitales y + inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) <sup>2)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>2)</sup>	Fronius Solar Net				
Salida de aviso <sup>2)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo <sup>2)</sup>	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

<sup>1)</sup>Y con  $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ max.}$  <sup>2)</sup>También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

### SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
Fax +34 91 649 60 44  
[pv-sales-spain@fronius.com](mailto:pv-sales-spain@fronius.com)  
[www.fronius.es](http://www.fronius.es)

Fronius International GmbH  
Froniusplatz 1  
4600 Wels  
Austria  
Teléfono +43 7242 2410  
Fax +43 7242 241-953940  
[pv-sales@fronius.com](mailto:pv-sales@fronius.com)  
[www.fronius.com](http://www.fronius.com)

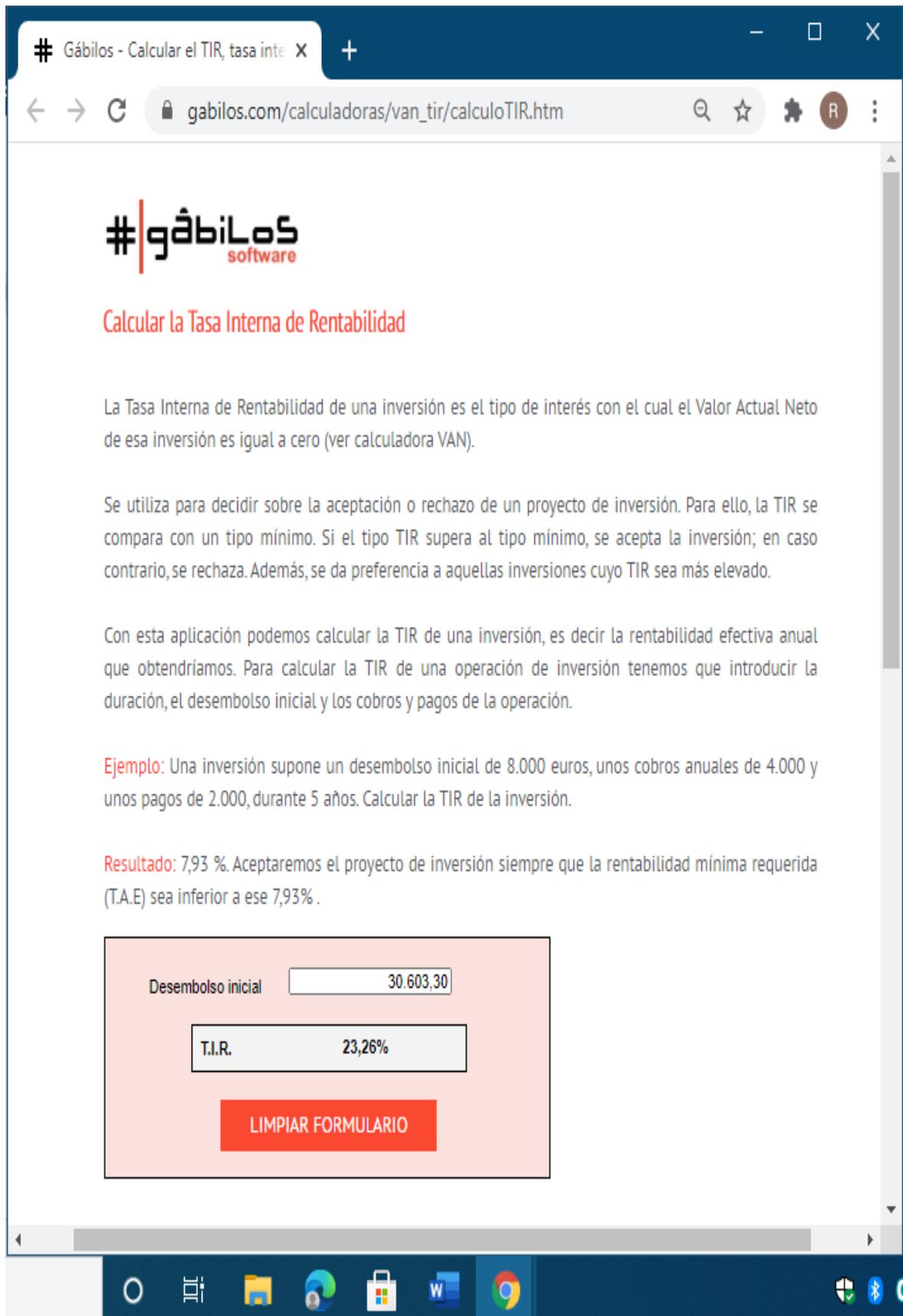
Texto e imágenes según el estado técnico en el momento de la impresión. Sujeto a modificaciones. No podemos garantizar la exactitud de todos los datos a pesar de su cuidadosa edición, declinamos por ello cualquier responsabilidad. Copyright © 2011 Fronius™. Todos los derechos reservados.

M\_06\_0092\_ES v.01 Oct 2016

Anexo 4.  
 Datos energéticos de la UNTELS para el cálculo del VAN y TIR

AÑO	Costo del KWh	Ahorro anual en KWh	Ingresos	Egresos	Flujo de caja acumulado
0	-	-	-	S/30,603.3	-S/30,603.3
1	0.5939	9734.41	S/5,781.3	-	S/5,781.3
2	0.6278	9734.41	S/6,111.3	-	S/6,111.3
3	0.6617	9734.41	S/6,441.3	-	S/6,441.3
4	0.6956	9734.41	S/6,771.3	-	S/6,771.3
5	0.7295	9734.41	S/7,101.3	-	S/7,101.3
6	0.7634	9734.41	S/7,431.2	-	S/7,431.2
7	0.7973	9734.41	S/7,761.2	-	S/7,761.2
8	0.8312	9734.41	S/8,091.2	-	S/8,091.2
9	0.8651	9734.41	S/8,421.2	-	S/8,421.2
10	0.899	9734.41	S/8,751.2	-	S/8,751.2
11	0.9329	9734.41	S/9,081.2	-	S/9,081.2
12	0.9668	9734.41	S/9,411.2	-	S/9,411.2
13	1.0007	9734.41	S/9,741.2	-	S/9,741.2
14	1.0346	9734.41	S/10,071.2	-	S/10,071.2
15	1.0685	9734.41	S/10,401.2	-	S/10,401.2
16	1.1024	9734.41	S/10,731.2	-	S/10,731.2
17	1.1363	9734.41	S/11,061.2	-	S/11,061.2
18	1.1702	9734.41	S/11,391.2	-	S/11,391.2
19	1.2041	9734.41	S/11,721.2	-	S/11,721.2
20	1.238	9734.41	S/12,051.2	-	S/12,051.2
21	1.2719	9734.41	S/12,381.2	-	S/12,381.2
22	1.3058	9734.41	S/12,711.2	-	S/12,711.2
23	1.3397	9734.41	S/13,041.2	-	S/13,041.2
24	1.3736	9734.41	S/13,371.2	-	S/13,371.2
25	1.4075	9734.41	S/13,701.2	-	S/13,701.2
	<b>Tasa de interes</b>	0.1		<b>VAN</b>	S/44,213.06
	<b>n</b>	25		<b>TIR</b>	23.26%

## Anexo 5. Cálculo de Indicadores del VAN y TIR en el simulador Gábilos Software



The screenshot shows a web browser window with the URL `gabilos.com/calculadoras/van_tir/calculoTIR.htm`. The page features the Gábilos Software logo and a section titled "Calcular la Tasa Interna de Rentabilidad". The text explains that the Internal Rate of Return (TIR) is the interest rate that makes the Net Present Value (VAN) of an investment equal to zero. It is used to decide on the acceptance or rejection of an investment project. The TIR is compared to a minimum rate; if it is higher, the investment is accepted. The page also includes an example and a result: "Ejemplo: Una inversión supone un desembolso inicial de 8.000 euros, unos cobros anuales de 4.000 y unos pagos de 2.000, durante 5 años. Calcular la TIR de la inversión. Resultado: 7,93 %. Aceptaremos el proyecto de inversión siempre que la rentabilidad mínima requerida (T.A.E) sea inferior a ese 7,93%."

Desembolso inicial

T.I.R.

**LIMPIAR FORMULARIO**

# Gábilos - Calcular el TIR, tasa inte x +

gabilos.com/calculadoras/van\_tir/calculoTIR.htm

LIMPIAR FORMULARIO

Introducir los cobros y pagos (si los hay) que genera la inversión

Año	Cobros	Pagos	Flujos de caja (cobros-pagos)
0			-30.603,30
1	5.781,3	0,0	5.781,30
2	6.111,3	0,0	6.111,30
3	6.441,3	0,0	6.441,30
4	6.771,3	0,0	6.771,30
5	7.101,3	0,0	7.101,30
6	7.431,3	0,0	7.431,30
7	7.761,3	0,0	7.761,30
8	8.091,2	0,0	8.091,20
9	8.421,2	0,0	8.421,20
10	8.751,2	0,0	8.751,20
11	9.081,2	0,0	9.081,20
12	9.411,2	0,0	9.411,20
13	9.741,2	0,0	9.741,20
14	10.071,2	0,0	10.071,20
15	10.401,2	0,0	10.401,20
16	10.731,2	0,0	10.731,20
17	11.061,2	0,0	11.061,20
18	11.391,2	0,0	11.391,20
19	11.721,2	0,0	11.721,20
20	12.051,2	0,0	12.051,20
21	12.381,2	0,0	12.381,20
22	12.711,2	0,0	12.711,20
23	13.041,2	0,0	13.041,20
24	13.371,2	0,0	13.371,20
25	13.701,2	0,0	13.701,20

# Gábilos - Calcular el VAN, valor a x # Gábilos - Conversores TIN - TAE x +

gabilos.com/calculadoras/van\_tir/calculoVAN.htm#:~:text=Gábilos...

# #gábilos software

## Calcular el Valor Actual Neto de una inversión

El Valor Actual Neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La inversión se considera aceptable cuando su VAN es mayor que cero. Si el VAN es menor que cero la inversión es rechazada. Además, se da preferencia a aquellas inversiones cuyo VAN sea más elevado.

Con esta aplicación podemos calcular el Valor Actual Neto de una inversión conociendo la rentabilidad requerida para la misma, su duración, el desembolso inicial de capital y los flujos de caja esperados.

**Ejemplo:** Una inversión supone un desembolso inicial de 8.000 euros, unos cobros anuales de 4.000 y unos pagos de 2.000, durante 5 años. Además, le exigimos a la inversión una rentabilidad mínima del 6,4% T.A.E.

**Resultado:** El proyecto es aceptable al tener un VAN mayor que 0.

Rentabilidad requerida *	10,00%	
Desembolso inicial	30.603,30	
V.A.N.	44.213,18	aceptable

LIMPIAR FORMULARIO

Activar  
Ve a Con

**Introducir los cobros y pagos (si los hay) que genera la inversión**

Año	Cobros	Pagos	Flujos de caja (cobros-pagos)
0			-30.603,30
1	5.781,3	0,0	5.781,30
2	6.111,3	0,0	6.111,30
3	6.441,3	0,0	6.441,30
4	6.771,3	0,0	6.771,30
5	7.101,3	0,0	7.101,30
6	7.431,3	0,0	7.431,30
7	7.761,3	0,0	7.761,30
8	8.091,2	0,0	8.091,20
9	8.421,2	0,0	8.421,20
10	8.751,2	0,0	8.751,20
11	9.081,2	0,0	9.081,20
12	9.411,2	0,0	9.411,20
13	9.741,2	0,0	9.741,20
14	10.071,2	0,0	10.071,20
15	10.401,2	0,0	10.401,20
16	10.731,2	0,0	10.731,20
17	11.061,2	0,0	11.061,20
18	11.391,2	0,0	11.391,20
19	11.721,2	0,0	11.721,20
20	12.051,2	0,0	12.051,20
21	12.381,2	0,0	12.381,20
22	12.711,2	0,0	12.711,20
23	13.041,2	0,0	13.041,20
24	13.371,2	0,0	13.371,20
25	13.701,2	0,0	13.701,20

Activa  
Ve a Con



## Definiciones y fórmulas de VAN y T.I.R.

Definición: El VAN es un método de valoración de inversiones en la que partimos de la rentabilidad mínima que queremos obtener ( $i$ ). Con esta rentabilidad mínima calcularemos el valor actualizado de los flujos de caja (diferencia entre cobros y pagos) de la operación. Si es mayor que el desembolso inicial la inversión es aceptable.

$A$  = desembolso inicial

$Q_s$  = Flujo de caja del momento  $s$

$n = n^\circ$  de años que dura la inversión

$i$  = rentabilidad mínima que le exigimos a la inversión

$$VAN = -A + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+i)^s} \Rightarrow VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+i)^1} + \frac{Q_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+i)^n}$$

La Inversión se considera factible cuando su VAN es mayor que cero. Si el VAN es menor que cero la inversión sería rechazada. Además daremos preferencia a aquellas inversiones cuyo VAN sea más elevado.

$$V.A.N. = -A + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+i)^s} \Rightarrow V.A.N. = -A + \frac{Q_1}{(1+i)^1} + \frac{Q_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+i)^n}$$

La Inversión se considera ejecutable cuando su VAN es mayor que cero. Si el VAN es menor que cero la inversión sería rechazada. Además daremos preferencia a aquellas inversiones cuyo VAN sea más elevado.

Se denomina tasa interna de rentabilidad (TIR) al tipo de interés, r, que hace su valor neto igual a cero.

A = desembolso inicial

$Q_s$  = Flujo de caja del momento s

n = nº de años que dura la inversión

r = TIR

$$0 = -A + \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

La Inversión se considera ejecutable cuando r sea mayor que la rentabilidad mínima que le exijamos a la inversión. Y la rechazaríamos cuando fuese inferior.

[Volver](#)