

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



“ESTUDIO SOBRE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZADOS EN NUESTRO PAÍS, ASÍ COMO LA FORMA DE DISTRIBUCIÓN. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO PANELES SOLARES”

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLERA en CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL

AUTORA:

Castillo Quispe, Antonella Krhistel

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLER en CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL

AUTORES:

Asis Gamarra, Cristhian Mauricio

Curi Rengifo, Guillermo Rajinder

Jimenez Chavez, César Alejandro

Bendezú Choque, Oswaldo Yeferson

ASESOR

Luis Enrique Torres Mendoza

Lima, enero de 2021

Resumen

El uso de un sistema fotovoltaico en la actualidad es una alternativa para obtener energía eléctrica en el ambiente, además, de ser una solución para evitar la contaminación por su uso ecológico. Por ello, para este caso de investigación se optó por realizar un análisis del sistema fotovoltaico para un salón del Centro Educativo ubicado en Puente Piedra - Lima y realizar un comparación técnica y económica con objetivo de ver el rendimiento y efectividad. El caso de estudio se encuentra en Puente Piedra en Lima por lo que la investigación abarca para la región costera ya que la temperatura, precipitación, humedad va a variar en los distintos lugares.

Por otro lado, para la instalación convencional donde la energía proviene de una central hidroeléctrica solo se obtiene datos de instalación y costo con el objetivo de realizar la comparación a diferencia de la instalación de los paneles solares que abarca el diseño, instalación y costo. Asimismo, los datos y equipos elegidos para el sistema fotovoltaico son obtenidos de una distribuidora licenciada en el Perú para generar datos específicos en la investigación.

El proceso de diseño proyectado en la investigación muestra que el mejor sistema a elegir es el On-grib y eso se debe a que Lima consta con estaciones donde la irradiancia no llega a horas picos y esto evita el mayor rendimiento de los paneles solares. El sistema On-grib consta de la instalación en conjunto con la instalación convencional para que estos se puedan complementar y su uso sea variado dependiendo de los tiempos. El análisis técnico de los paneles solares se enfoca a la durabilidad y mantenimiento de los equipos por lo que la comparación con el sistema convencional muestra que hay unas mejoras en la obtención de energía eléctrica. Asimismo, en el análisis de costo muestra un enfoque general del ahorro de dinero con el uso de paneles solares en el centro educativo, pero en un rango de tiempo de 6 años lo cual es eficiente ya que la duración del diseño de construcción es de 25 años lo cual muestra ganancia en el costo de energía. Además, la evaluación ambiental muestra que los paneles solares generan impactos positivos al centro educativo.

Por último, la investigación del sistema fotovoltaico muestra un óptimo desarrollo de rendimiento y eficiencia en su instalación, costo a largo plazo lo cual es una alternativa recomendable para generar energía eléctrica, pero se debe considerar las estaciones de la zona para analizar su máximo desempeño.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	1
1.1. Justificación.....	1
1.1. Alcance	1
1.2. Problemática	1
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
2. Marco teórico.....	2
2.1. Historia de la energía eléctrica en Lima	2
2.2. Principal fuente de energía en Lima.....	3
2.3. Energía solar en Lima.....	6
2.3.1. Antecedentes de la energía solar	6
2.3.2. Componentes de la energía solar.....	7
2.4. Uso de paneles solares como fuente de energía.....	9
2.4.1. Tipos de paneles solares	10
2.4.3. Instalación de paneles solares.....	16
2.4.4. Costo de paneles solares	22
3. Metodología propuesta	23
3.1. Elección del caso de estudio	23
3.2. Descripción del sistema eléctrico convencional.....	25
3.3. Diseño para la instalación eléctrica de los paneles solares	26
3.4. Presupuesto de los paneles solares.....	28
3.5. Comparación técnica y económica de los dos sistemas elegidos.....	30
3.5.1. Especificaciones técnicas	30
3.5.2. Características económicas	33
3.6. Análisis ambiental de los paneles solares.....	34
3.7. Mantenimiento de los paneles solares.....	34
4. Caso de estudio	36
4.1. Descripción del proyecto	36
4.2. Diseño de instalación eléctrica convencional.....	37
4.2.1. Instalaciones eléctricas	37
4.2.2. Suministro de energía.....	37
4.2.3. Norma y referencias	37

4.2.4.	Cuadro de áreas.....	38
4.2.5.	Número de circuitos.....	38
4.2.6.	Diseño de tablero	40
4.2.7.	Diseño de circuitos.....	41
4.2.8.	Diseño pozo tierra.....	43
4.3.	Diseño de instalación eléctrica con paneles solares	45
4.3.1.	Cálculo de carga del aula	45
4.3.2.	Radiación de la zona – Puente Piedra – Lima	46
4.3.3.	Elección del panel solar e inversor	47
4.3.4.	Cálculo del sistema fotovoltaico	48
4.3.5.	Cantidad de módulos.....	48
4.3.6.	Cálculos de las baterías	49
4.3.7.	Elección de las baterías.....	49
4.3.8.	Instalación del panel solar.....	49
4.3.9.	Mantenimiento.....	50
4.4.	Costo del sistema de paneles solares	51
4.5.	Costo energético con utilización del sistema de paneles Solares	52
4.6.	Evaluación de impacto ambiental.....	53
4.6.1.	Identificación de medios y actividades.....	53
4.6.2.	Identificación de impactos.....	54
4.6.3.	Cribado de impactos.....	54
4.6.4.	Valoración de los impactos.....	55
4.6.5.	Mitigación de impactos.....	56
5.	Resultados y discusión	56
5.1.	Comparación técnica entre los de los dos tipos	56
5.1.1.	Tiempo de instalación (Cronograma)	58
5.1.2.	Durabilidad (Duración, mantenimiento, rendimiento)	59
5.2.	Comparación del costo en ambos casos	60
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	62
6.1.	Conclusiones.....	62
6.2.	Recomendaciones	63
7.	Bibliografía	65
8.	ANEXOS.....	66

Índice de las figuras

Figura 1: Estadística de producción mensual.....	5
Figura 2: Producción de energía eléctrica nacional del mes de agosto del 2020.....	6
Figura 3: Componentes de la energía solar	7
Figura 4: Radiación solar en Lima	9
Figura 5: Paneles Solares Fotovoltaicos instalados en el techo de una vivienda.....	10
Figura 6: Paneles solares fotovoltaicos.....	11
Figura 7: Paneles solares térmicos.....	12
Figura 8: Esquema de funcionamiento de paneles solares híbridos.....	12
Figura 9: Esquema de Sistema Fotovoltaico On-Grid.....	14
Figura 10: Esquema de Sistema Fotovoltaico Off-Grid.....	15
Figura 11: Esquema de Sistema Fotovoltaico Híbrido.....	15
Figura 12: Herramientas necesarias para la instalación de sistemas de paneles solares. Fuente: Adaptado de Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013.....	16
Figura 13: Herramientas necesarias para la instalación de sistemas de paneles solares. Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013.....	17
Figura 14: Regulador de carga.....	18
Figura 15: Batería para sistema fotovoltaico.....	18
Figura 16: Conexión de los cables a la bornera.....	19
Figura 17: Conexión de la llave controladora de la batería al regulador.....	19
Figura 18: Esquema de conexión del inversor a los dispositivos del sistema fotovoltaico. Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013.....	20
Figura 19: Conexión del panel solar al regulador de carga.....	20
Figura 20: Esquema de instalación de cableado de tomacorrientes y equipos de iluminación.....	21
Figura 21: Verificación del funcionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico.....	21
Figura 22: Ejemplo de instalación de interruptor a un inversor.....	22
Figura 23: Energía solar anual en Puente Piedra.....	24
Figura 24: Temperatura máxima anual 2030 en Puente Piedra.....	24
Figura 25: Temperatura mínima anual 2030 en Puente Piedra.....	25
Figura 26: Producción mensual por tipo de generación en el 2018 y 2019.....	26
Figura 27: Costo estándar de inversión para la instalación de paneles solares.....	29
Figura 28: Diagrama del bloque de instalación fotovoltaica.....	31
Figura 29: Esquema para EIA del panel solar.....	35
Figura 30: Distribución de áreas para el segundo piso del proyecto “Centro Educativo”.....	38
Figura 31: Diagrama de tablero TD8.....	39
Figura 32: Interruptores tres polos.....	40
Figura 33: Distribución eléctrica en interiores.....	43
Figura 34: Detalle de pozo a tierra.....	44
Figura 35: Esquema de diseño de instalaciones con paneles solares.....	45
Figura 36: Índice de irradiación ultravioleta (IUV).....	46
Figura 37: Panel solar e inversor.....	47
Figura 38: Batería OPZV-GFMJ 200.....	49
Figura 39: Área de instalación.....	50
Figura 40. Componentes del kit Caral Solar 3000.....	51
Figura 41: Diagrama de flujo.....	54
Figura 42: Cronograma de un sistema convencional.....	58
Figura 43: Cronograma de un sistema de paneles fotovoltaico On grid.....	59
Figura 44: Comparativo entre costo de los sistemas evaluados en el tiempo.....	62

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Costo promedio del sistema On-Grid.</i>	22
<i>Tabla 2: Costo promedio del sistema Off-Grid.</i>	23
<i>Tabla 3: Principales pasos para instalar un sistema fotovoltaico.</i>	27
<i>Tabla 4: Valores porcentuales de instalación de los paneles solares.</i>	30
<i>Tabla 5: Comparación de modelos según sus parámetros</i>	32
<i>Tabla 6: Parámetros del caso de estudio.</i>	36
<i>Tabla 7: Carga Total.</i>	40
<i>Tabla 8: Resultados de voltaje</i>	42
<i>Tabla 9: Intensidad admisibles para diversos tipos de conductores aislados.</i>	42
<i>Tabla 10: Energía para el diseño.</i>	43
<i>Tabla 11: Cálculo de energía total.</i>	46
<i>Tabla 12: Resultados de consumo real y rendimiento</i>	48
<i>Tabla 13. Costo del kit Caral Solar 3000 + Instalación.</i>	52
<i>Tabla 14. Cálculo del consumo mensual de electricidad del aula No 06</i>	52
<i>Tabla 15: Matriz de identificación</i>	54
<i>Tabla 16: Cribado de los impactos</i>	55
<i>Tabla 17: Matriz de importancia de los impactos.</i>	55
<i>Tabla 18: Valoración final.</i>	56
<i>Tabla 19: Comparación del sistema de generación eléctrica</i>	59
<i>Tabla 20. Costo del sistema eléctrico convencional en el aula No 06.</i>	60
<i>Tabla 21. Costo de la inversión total del Sistema Eléctrico Convencional + Solar.</i>	61



1. Introducción

1.1. Justificación

En la actualidad, la mayoría de la población limeña cuenta con energía eléctrica proveniente de centrales hidroeléctricas siendo esta la principal fuente de energía. Sin embargo, este recurso favorece a zonas centrales de la ciudad de Lima, pero para zonas lejanas este puede ser de difícil acceso. Una de las alternativas para abastecer de energía eléctrica en estas zonas alejadas es mediante la energía solar ya que el Perú cuenta con un gran potencial de irradiación entre 4 a 6 kWh por día por metro cuadrado (MINEM, 2010). Este último punto es relevante, ya que en estas zonas alejadas se puede implementar paneles solares con el objetivo de solucionar la falta de electricidad.

Por otro lado, es necesario enfatizar también el uso de energía solar en colegios con el fin de que la población alejada en Lima pueda asistir a sus clases sin que sean afectados por la falta de luz. Para iniciar una implementación de paneles solares en este tipo de edificios es importante realizar una investigación con el objetivo de ver la viabilidad económica y técnica de la colocación de paneles solares.

1.1. Alcance

En el presente trabajo de investigación, se realizará un análisis comparativo entre el uso de la energía solar, mediante paneles fotovoltaicos, frente al uso de la energía eléctrica producida por el sistema eléctrico tradicional (energía de centrales hidroeléctricas). Se analizará la factibilidad técnica y económica de ambos sistemas de aprovechamiento de energía en un aula del proyecto “Centro Educativo particular secundario” ubicado en Puente Piedra, distrito ubicado en la costa, provincia de Lima sobre el cual se centrará el estudio.

1.2. Problemática

El mercado de las energías renovables en los últimos años ha adquirido mayor interés por parte de los usuarios, su desarrollo ha cobrado un mayor impulso en la última década y es consecuencia de las crecientes preocupaciones acerca del cambio climático y las políticas adoptadas por los países industrializados en su compromiso por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En los últimos años los costos para la implementación de sistemas de energías renovables han disminuido precisamente debido a la investigación de países pioneros.

En el Perú, el desarrollo de las fuentes no convencionales de energía, no es tan difundido, debido a que existen escasos incentivos para ello, como el hecho de contar

con fuentes de energía convencionales que permiten cubrir la demanda a precios competitivos. Además, la inversión inicial de capital en estos sistemas de energías no convencionales es mayor, y los beneficios se ven comparándolos a largo plazo y en el Perú aún no se tiene esa cultura en los usuarios, comparan los costos de manera muy inmediata, ignorando el ahorro que se puede generar con sistemas de generación no convencionales a largo plazo.

Por esta razón, el presente trabajo propone evaluar técnica y económicamente la implementación de paneles fotovoltaicos para alimentar un aula de un centro educativo, para posteriormente presentar las conclusiones más relevantes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la viabilidad técnica y económica de la instalación de un sistema fotovoltaico aislado para dotar del servicio eléctrico a un aula del Centro Educativo particular secundario ubicado en la zona costa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar las herramientas para la instalación eléctrica de los paneles solares en un aula del Centro Educativo.
- Diseñar cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico óptimo con paneles solares para el consumo de un aula.
- Comparar la factibilidad económica y eficiencia entre los paneles solares y la energía eléctrica tradicional.
- Determinar el impacto ambiental del uso de los paneles solares.

2. Marco teórico

2.1. Historia de la energía eléctrica en Lima

La energía eléctrica en el Perú llega un 15 de mayo de 1866 de la mano de la empresa Peruvian Electric Construction and Supply Company. La energía eléctrica era generada por una planta de vapor con un único motor que usaba como combustible el carbón y tenía una potencia de 500 Hp. Esta energía eléctrica alimentaba el alumbrado público en la Plaza de Armas y algunas calles aledañas. (ROJAS, 2017)

En el año 1895, se inició operaciones Empresa Transmisora de Fuerza Eléctrica, siendo la planta de Santa Rosa de la Pampa, en la margen izquierda del Río Rímac.

La primera transmisión se efectuó el 6 de agosto a las once de la mañana. (SUTEECEA, 2001)

Desde entonces, el sector eléctrico fue desarrollándose debido a la inversión privada, con la introducción al mercado de nuevas empresas como: Empresa Eléctrica Santa Rosa (empresa que expandió el alumbrado público desde 1902), Compañía Eléctrica del Callao (administradora de una planta a vapor que atendió el alumbrado público en el Callao desde 1902), y, Luz Eléctrica de Arequipa (empresa que llevó energía eléctrica al alumbrado público a la ciudad de Arequipa en 1898). Una empresa que merece una mención especial es Empresas Eléctricas Asociadas, que tuvo su origen en la fusión de todas las empresas relacionadas con la distribución y generación de energía eléctrica. (ROJAS, 2017)

Las Empresas Eléctricas Asociadas se constituyeron en ELECTROLIMA S.A durante el gobierno militar del General Juan Velazco Alvarado en 1972, por el Decreto Ley 19521.

Finalmente, ELECTROLIMA fue privatizada entre 1994 y 1996, Electrolima se divide en tres nuevas empresas con el objetivo de su posterior venta al sector privado. Electrolima se divide en Luz del Sur, Edelnor y Edegel S.A., las dos primeras distribuidoras de energía eléctrica y la tercera generadora de energía. En de especial interés el caso de Edelnor, ya que la siguiente investigación es para un colegio ubicado en el distrito de Puente Piedra, y Edelnor distribuye en la zona centro y norte de Lima. Edelnor fue comprada por US\$ 176.49 millones, conformado por ENERSIS DE Chile y ENDESA de España. (Comisión Investigadora de los Delitos Económicos y Financieros, 2002)

Desde entonces, Edelnor continua con la distribución de energía eléctrica en la zona centro y norte de Lima, pero con el nombre de ENEL desde el año 2006.

2.2. Principal fuente de energía en Lima

En el Perú existen cinco tipos de fuentes de energía, tales como, petróleo y líquidos de gas natural, gas natural, biomasa, hidroenergía y carbón. Sin embargo, el mayor porcentaje de energía eléctrica en el Perú es producida por el agua (centrales hidroeléctricas) y los hidrocarburos (principalmente gas natural).

Centrales hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas están organizadas de acuerdo al sistema eléctrico interconectado Nacional (SEIN) conformado por los sistemas interconectados centro norte (SICN) y el sistema interconectado del sur (SIS). El SICN cuenta con un parque generador constituido por unidades hidroeléctricas y termoeléctricas los cuales tienen una reserva de potencia efectiva de 51% aproximadamente con lo que satisfacen la demanda en horas punta, además conforman una reserva para fines operativos, la cual garantiza la seguridad y calidad del servicio público. (Licla,2012)

Sistema Interconectado Centro Norte (SICN)

Este sistema es el que cuenta con mayor capacidad y abastece a las principales ciudades del Perú como: Piura, Chiclayo, Trujillo, Chimbote, Huaraz, Huánuco, Tingo María, Cajamarca, Huancayo y Lima. Dentro de sus principales centrales hidroeléctricas, se encuentran las siguientes:

- Cañón del Pato: La cual está situada en Ancash en la provincia de Huaylas, utiliza las aguas del río Santa y genera 154 Mw.
- Gallito Ciego: Ubicada en Cajamarca en la provincia de Contumazá. Genera 34 Mw.
- Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo: Ubicada en Huancavelica en la provincia de Tayacaja. Produce 798 Mw.

Sistema Interconectado del Sur (SIS)

Complementa el suministro de energía junto con el SICN. Las principales ciudades a las que abastece están Cusco, Tacna, Arequipa, Ilo, Moquegua, Puno y Juliaca. Dentro de las principales Centrales Hidroeléctricas de este sistema se encuentran las siguientes:

- Charcani V: está ubicada en Arequipa y genera 136.8 Mw.
- Machu Picchu: está ubicada en Cusco, provincia de Urubamba cerca de las ruinas de Machu y genera 110 Mw.
- San Gabán: está ubicada en Puno, provincia de Carabaya. Genera 110 Mw.

Hidrocarburos

Desde el año 2004 que se descubrió Camisea, los hidrocarburos fueron tomando mayor importancia entre las fuentes de energía eléctrica más utilizadas. Se construyeron varias plantas de gas por las cuales en la actualidad existe una capacidad excesiva de generación, ya que el porcentaje de crecimiento anual de la demanda está muy por debajo de la producción.

Debido a esto, en la actualidad ya no se busca aumentar la capacidad de producción si no la distribución de la energía eléctrica a todo el territorio nacional sin cobertura y mejorar la calidad del suministro para evitar apagones.

En resumen, la electricidad en Lima es generada de forma hidráulica y térmica. Ambos van variando de porcentaje de aporte de acuerdo a las estaciones del año como se puede apreciar en la siguiente figura, ya que en los meses de diciembre a junio el caudal de agua es mucho más elevado lo que hace que las centrales hidroeléctricas aporten mayor energía.

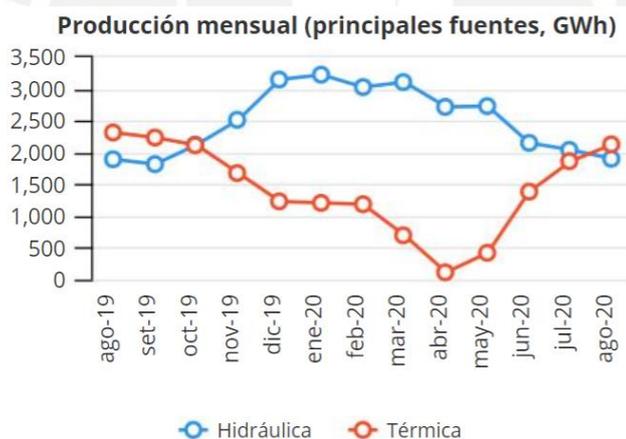


Figura 1: Estadística de producción mensual

Fuente: Boletín Estadístico Mensual Eléctrico – SNMPE

Como podemos notar en la siguiente figura, para el mes de agosto del presente año las estadísticas de la producción de energía eléctrica siguen haciendo notar el gran aporte de las fuentes hidráulica y térmica.

Mercado Fuente	Mercado Eléctrico	Uso Propio	Total	Part.
Hidráulico	1 944	45	1 989	44%
Térmico	2 210	148	2 358	51%
Eólico	183		183	4%
Solar	64		64	1%
Total Nacional	4 402	193	4 595	
	96%	4%		

Figura 2: Producción de energía eléctrica nacional del mes de agosto del 2020

Fuente: Principales indicadores de sector eléctrico a nivel nacional– Ministerio de Energía y Minas

2.3. Energía solar en Lima

En el año 2003 el Ministerio de Energía y Minas elaboro el Atlas Solar del Perú con lo que confirmaba que somos un país que puede usar el recurso solar, ya que tenemos buen potencial con niveles de irradiación de 4 a 6 KWh por día por cada metro cuadrado principalmente en la sierra y en algunas zonas de la costa. Lima también cuenta con este potencial en algunos distritos como Chosica, La Molina, entre otros. La ventaja de la irradiación en el Perú es que es constante con fluctuaciones menores al 20%.

2.3.1. Antecedentes de la energía solar

La energía solar es una opción de energía renovable que puede sustituir a la energía proveniente de quema de combustibles fósiles. La ubicación del Perú es privilegiada, ya que, al ser un país cercano al Ecuador, cuenta con sol la mayor parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú es un país con elevada radiación solar anual. Existen tres ámbitos en los que se ha desarrollado el uso de energía solar en el Perú.

El primero es el uso como fuente térmica mediante termas de agua en las zonas sur (Arequipa y Puno), este uso de la energía solar también ha hecho desarrollar la industria de la fabricación de estas termas, en estos departamentos existen un aproximado de 30 empresas dedicadas a dicha actividad. A pesar del uso que se le da aún falta mucho para volverlo a gran escala, el uso de los paneles solares en áreas urbanas destinados al uso térmico implicaría una reducción en el consumo de energía eléctrica, ya que las termas son uno de los aparatos de mayor consumo de energía. Asimismo, se le puede dar un uso agrícola incluyéndolo en el proceso de secado de granos.

El segundo ámbito donde existen avances es en la implementación de electricidad en las zonas rurales. Según estadísticas, el 22% de la población rural no cuenta con energía eléctrica en sus casas y se encuentran ubicados en lugares donde los programas nacionales no tienen alcance. Según el plan de electrificación nacional de Electrificación Rural cerca de 345 823 hogares deberán ser cubiertos con módulos fotovoltaicos en espacios rurales.

Existen diferentes proyectos de financiamiento para realizar esta instalación con energía solar en las zonas rurales, alguno de ello son el financiado por el Banco Mundial, el Global Environment Facility – GEF y el MEM. Asimismo, dentro de este esquema existiría en cartera otro sub proyectos para llegar a 7 000 hogares más.

El tercer ámbito de desarrollo, es el que surge con la concesión de las 4 centrales solares que se enlazarán al Sistema Eléctrico Nacional (SEIN). Las compañías españolas T-Solar Global y Solarpack Corporación Tecnológica son las encargadas de construir estas cuatro centrales fotovoltaicas, con una potencia conjunta de 80 megavatios (mw). Como podemos notar, el nuevo sector de la energía solar puede ir desde pequeñas instalaciones urbanas hasta proyectos grandes como centrales solares. Una de las características de la energía solar es que puede adaptarse a cualquier tipo de proyecto, sea grande, mediano o pequeño. Sin embargo, aún existe mucha desinformación en cuanto a los sectores que podrían aprovechar dicho sistema.

2.3.2. Componentes de la energía solar

El sistema de energía solar está compuesto principalmente por paneles solares, pero este no es el único componente del sistema, existen otros dependiendo de la aplicación. La siguiente figura muestra los componentes de un sistema de energía solar.

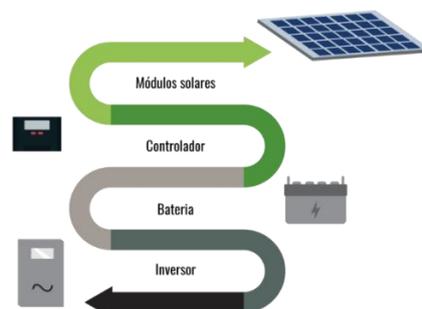


Figura 3: Componentes de la energía solar

Fuente: SUN SUPPLY

Modulo solar fotovoltaico

También conocido como panel solar, es el componente encargado de recibir y transformar la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico. Están hechos principalmente por semiconductores mono o poli-cristalinos.

Regulador de carga

Componente encargado de administrar la energía hacia las baterías protegiendo al sistema de sobrecarga y sobre descargas. Su comercialización depende de la capacidad máxima de corriente a controlar.

Batería

La energía eléctrica llega a las baterías donde se almacenan para poder usarla en otro momento. Su comercialización es basada en la capacidad de almacenar energía.

Inversor

Este componente convierte la corriente continua proveniente de las baterías en una toma corriente convencional. Su comercialización depende de su potencia en Watts.

Soportes

Componente pasivo de los sistemas de energía solar, se encarga de mantener en su lugar los módulos fotovoltaicos y debe estar proyectado para soportar la intemperie de forma constante, expansiones térmicas durante mínimo 25 años.

Cada componente del sistema de energía solar usa tecnología diferente y depende del uso que se le quiera dar.

Irradiación solar de la zona costa

Según el Atlas Solar del Perú, hecho en el 2003, el territorio peruano cuenta con una radiación solar anual alta y constante, alcanzando los valores de 5.5 a 6.5 kWh/m² en la sierra; 5.0 a 6.0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5.0 kWh/m².

En las siguientes figuras se puede apreciar el nivel de radiación según el mes en el que se evalúe.

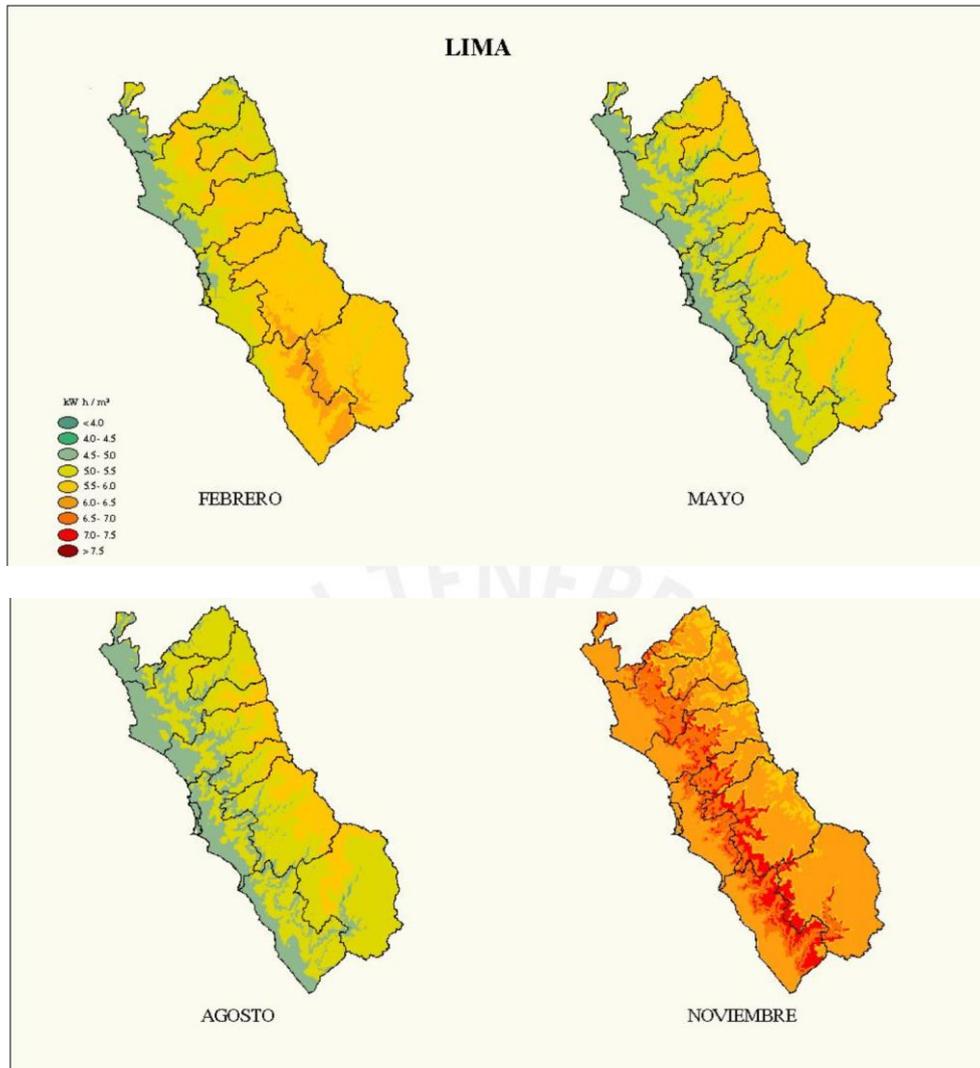


Figura 4: Radiación solar en Lima

Fuente: Atlas Solar del Perú, 2003

2.4. Uso de paneles solares como fuente de energía

Los paneles solares son dispositivos que captan la energía proveniente de la radiación solar para transformarla en electricidad y/o en calor, según el tipo de panel que se instale. Se pueden hallar tres tipos principales de paneles solares, tal como se detalla a continuación (ACCIONA, 2020):

- Paneles Solares Fotovoltaicos, que transforman la luz solar en electricidad.
- Paneles Solares Térmicos, que transforman la luz solar tanto en calor.
- Paneles Solares Híbridos, que transforman la luz solar tanto en electricidad como en calor.

En el caso de paneles fotovoltaicos, la forma de instalación y el costo depende principalmente del sistema elegido y de la cantidad de paneles a utilizar. Existen 3 tipos de sistemas: On-Grid o conectado a la red eléctrica, Off-Grid o desconectado de la red y funcionando con batería, y el sistema mixto.



Figura 5: Paneles Solares Fotovoltaicos instalados en el techo de una vivienda.

Fuente: Obras por Expansión, 2019

2.4.1. Tipos de paneles solares

Tal como se indicó en el punto anterior, existen paneles solares fotovoltaicos, térmicos e híbridos. Se describen a continuación cada uno de los tipos de paneles solares existentes.

- Fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos cuentan con celdas fotovoltaicas de silicio que, a través del efecto fotoeléctrico, transforman la luz solar en electricidad. El efecto fotoeléctrico consiste el impacto de los fotones provenientes de la luz solar sobre una superficie de material fotoconductor (sensible a la luz), tal como en este caso es el silicio, lo cual la convierte en energía eléctrica al liberar electrones que fluyen libremente.

El rendimiento de los paneles fotovoltaicos, cuyo rendimiento depende de la incidencia de los rayos solares sobre el panel. Es por ello importante tomar en cuenta en la fase de diseño factores como la sombra y la nubosidad local. Sin embargo, los paneles pueden recepcionar radiación solar tanto directa como difusa, por lo que le es posible generar

energía eléctrica tanto en días donde hay presencia solar como en días nublados. (ENERGIA FV, 2018)



Figura 6: Paneles solares fotovoltaicos.

Fuente: Autosolar, 2017

- **Térmicos**

El panel solar térmico, o también conocido como colector solar, permite la transformación de la energía solar en energía térmica (calor). Su aplicación es muy diversa a nivel doméstico e industrial. Se puede utilizar en la climatización de piscina, el secado de productos agrícolas, hornos solares industriales, climatización de edificios, desalinización solar del agua del mar, entre otras muchas aplicaciones.

Si bien existe diversidad de tipos de Paneles Solares Térmicos, las cuales pueden agruparse en tres grupos importantes:

- Colector de baja temperatura o captador solar no protegido. Se alcanza un máximo de 50 °C, siendo estos paneles principalmente utilizados para calefacción y la producción de agua caliente sanitaria (ACS).
- Colector de media temperatura: Son similares a los anteriores, pero incorporando una cubierta transparente, la cual disminuye la pérdida de calor, lo cual permite que llegue a temperaturas de hasta 90 °C
- Colector de alta temperatura: Presenta una cubierta adicional entre la que tiene el colector de media temperatura y el convertidor, generándose un vacío entre ambas cubiertas. De esta forma se puede llegar a temperaturas de hasta 150 °C. Su uso se da principalmente en la generación de vapor que permite mover turbinas de generación eléctrica. (Endef Solar Solutions, 2019)



Figura 7: Paneles solares térmicos.

Fuente: Autosolar, 2017

- Híbridos

Los Paneles Solares Híbridos son una mezcla entre un panel fotovoltaico y uno híbrido, teniendo la capacidad de producir electricidad y calor de manera simultánea, conservando las aplicaciones que tienen ambos tipos de paneles.

Dado que el fin de la investigación es evaluar técnicamente la energía eléctrica producida por medio de la radiación solar, nos centraremos en el primer tipo de paneles solares, los fotovoltaicos, analizando sus principales componentes, sistemas y procedimientos de instalación y los costos que implican. (Lightning, s/f-a)

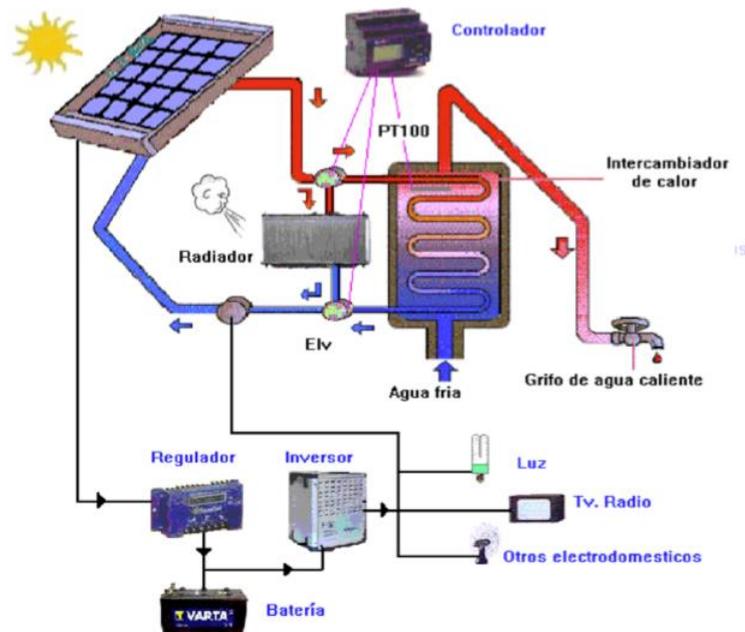


Figura 8: Esquema de funcionamiento de paneles solares híbridos.

Fuente: Hogarsense, 2020

2.4.2. Sistemas de paneles solares fotovoltaicos

Los sistemas de instalación de paneles solares fotovoltaicos dependen de su conexión o aislamiento de la red eléctrica pública, o si funcionan conectados a la red eléctrica y con almacenamiento interna de electricidad producida por los paneles solares.

2.4.2.1. Sistema Fotovoltaico On-Grid

El sistema On-Grid consiste en la conexión de las instalaciones de energía solar fotovoltaica a la red eléctrica, por lo cual se tendrá dos instalaciones eléctricas diferenciadas y que actúan de manera compartida. En primer lugar, la energía producida por los paneles solares y de existir un déficit de producción, pasará a ser cubierta por el sistema eléctrico convencional.

El rendimiento de este sistema va en función a los niveles de radiación solar que se registran cada hora. Estas son muy variables, por lo cual existirán momentos de máxima y de mínima producción de energía, según las condiciones meteorológicas existentes en la zona.

Una ventaja del sistema es que, de existir un superávit de producción de energía por los paneles solares, se puede liberar este excedente a la red eléctrica pública, en forma de venta de energía a la compañía proveedora de servicios, lo cual significa una disminución en la facturación por consumo de electricidad, incluso pudiendo llegar a costo cero (solar-energia.net, s/f). Sin embargo, en el Perú no existe una legislación que permita que el usuario introduzca energía producida por paneles solares a la red eléctrica, lo cual podría resultar incluso perjudicando legalmente a quien realice dicha acción.

Es por ello que la solución es la instalación de un inversor On-grid, el cual regule dicha producción, la cual no puede superar el de la demanda de energía eléctrica, significando que la producción será solamente para autoconsumo y la demanda que no pueda ser cubierta por esta producción, será cubierta por el sistema eléctrico convencional. Se muestra en la figura 9 un esquema del sistema On-grid o conectado de la red:

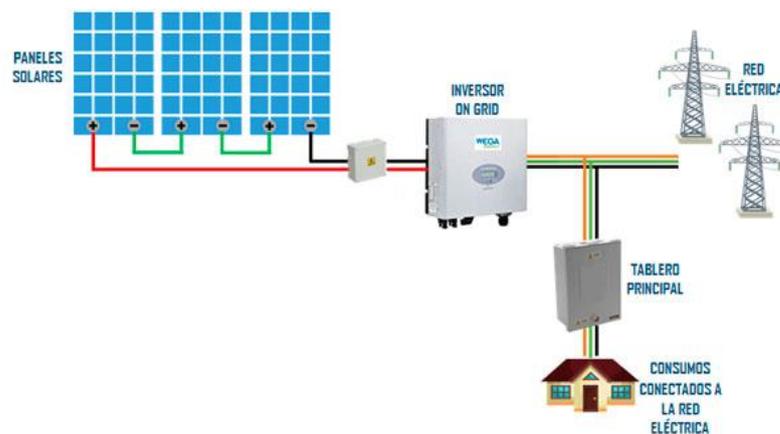


Figura 9: Esquema de Sistema Fotovoltaico On-Grid.

Fuente: Lightning, s/f-c

2.4.2.2. Sistema Fotovoltaico Off-Grid

El sistema Off-grid es un tipo de instalación que se encuentra aislada de la red eléctrica, lo cual resulta útil en zonas donde resulte inaccesible la red eléctrica convencional o donde sea costoso conectarse a la red pública, así como instalar y mantener este tipo de instalaciones convencionales.

Este sistema funciona en base a acumuladores de carga, por lo general baterías, que permiten almacenar el excedente de producción de electricidad de los paneles solares para ser utilizado en cualquier otro momento de baja producción.

A pesar del costo inicial mayor que pudiera resultar, se halla que toda la energía que se produce y consume por medio de este sistema resulta con un costo cero. Sin embargo, de igual manera el sistema depende mucho de la variación de las condiciones meteorológicas, ya que la radiación del sol no es constante en todas las horas del día (energíasolar.net, s/f).

Se muestra a continuación un esquema del sistema Off-grid o desconectado de la red:

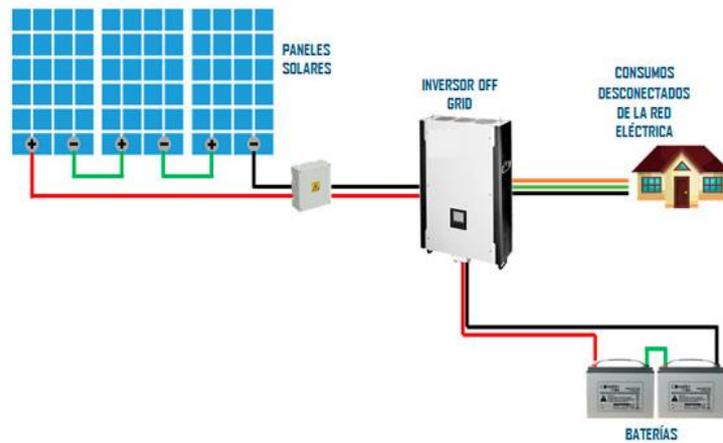


Figura 10: Esquema de Sistema Fotovoltaico Off-Grid.

Fuente: Lightning, s/f-b

2.4.2.3. Sistema Fotovoltaico Híbrido

El sistema híbrido es aquel que funciona a través de la energía solar y el inversor está conectado a la red eléctrica, de tal manera que se aporta energía a los consumos que se encuentran conectados a la red del hogar. Este sistema permite la conexión de baterías que almacenen energía solar generada y utilizarla en equipos que se encuentran desconectados de la red (Off-grid), que continuarán funcionando durante los cortes de luz, mientras que todos los equipos que se encuentran bajo la influencia de la red pública (On-grid) no funcionarán cuando exista interrupción en el servicio eléctrico. (Wega Lighting, s/f)

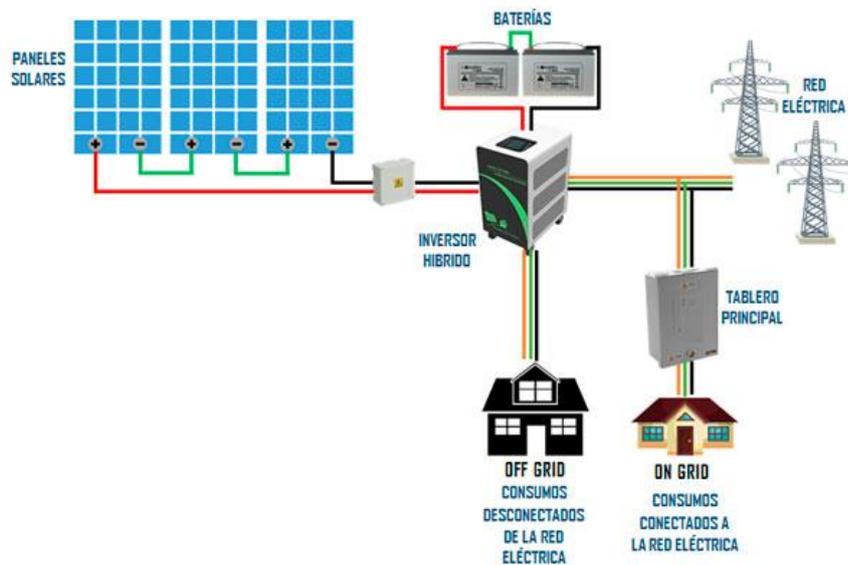


Figura 11: Esquema de Sistema Fotovoltaico Híbrido.

Fuente: Lightning, s/f-a

2.4.3. Instalación de paneles solares

2.4.3.1. Consideraciones previas a la instalación

Previo a la instalación, se debe tener en cuenta los niveles de demanda de energía eléctrica y una propuesta de instalación fotovoltaica de acuerdo con las posibilidades que ofrece la configuración de la edificación. La correcta identificación del mejor lugar para realizar la instalación es necesaria para poder obtener mejores rendimientos de los paneles solares en la generación de energía eléctrica y conexiones a los ambientes que utilizarán la energía eléctrica solar.



Figura 12: Herramientas necesarias para la instalación de sistemas de paneles solares. Fuente: Adaptado de Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

También se debe tener conocimiento adecuado de la instalación de los dispositivos que funcionarán en el sistema elegido, con la finalidad de evitar accidentes y/o desperfectos. Es preferible que la instalación sea realizada por mano de obra calificada, a pesar de no tener una complejidad grande en sus procesos de instalación.

Se debe contar también con las herramientas necesarias para realizar la instalación de manera adecuada. Las principales herramientas que se utilizará son las siguientes:

- Destornilladores planos, estrella y perillero
- Llave mixta
- Martillo
- Alicata de punta
- Alicata universal
- Multímetro



Figura 13: Herramientas necesarias para la instalación de sistemas de paneles solares. Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

La Corporación Alemana para el Desarrollo (2013) recomienda que los paneles fotovoltaicos se ubiquen en lugares seguros y donde no puedan ser robados, dañados o manipulados por personas no autorizadas. También se debe considerar que el lugar sea seguro y seco.

A continuación, se detallan los pasos para la instalación de los sistemas fotovoltaicos:

2.4.3.2. Ubicación e Instalación de Paneles Solares

En primer lugar, se debe identificar y delimitar las áreas a colocar los paneles solares. Preferentemente se ubicarán en zonas altas y abiertas para poder recepcionar adecuadamente la radiación solar. Se conectan los cables del panel y se realiza el montaje de este. Al fijar el panel, se debe tener en cuenta el lugar establecido y otros factores tales como la inclinación, orientación, evitar las sombras, si es necesario montarlo y colarlo en un poste, etc.

2.4.3.3. Instalación del Regulador de Carga (Inversor)

El regulador de carga es el dispositivo que se encarga de distribuir la energía producida por el sistema de manera estable. Se debe asegurar el adecuado funcionamiento de este, por lo que la Corporación Alemana para el Desarrollo, recomienda que debe instalarse en un lugar seguro y seco.

Para instalar el regulador se debe seguir los siguientes pasos:

- Colocar el regulador de carga en la plancha del tablero de control y ajustarlo con pernos o tornillos.
- Preferiblemente, colocar la plancha dentro de una caja plástica o de metal para proteger el regulador de la intemperie.
- Se debe fijar la caja o gabinete de control a la pared. Se debe colocar en un lugar visible y accesible, y que esté seco y alejado de la radiación solar.



Figura 14: Regulador de carga.

Fuente: Intelligenio, s/f

2.4.3.4. Instalación de las Baterías

La batería se debe instalar en lugares donde no estén afectados por la radiación solar, apartados de la lluvia y donde los gases no se dispersen con facilidad. Es preferible colocar la batería en una caja de madera o plástico para evitar que se produzca descarga de la batería por contacto con el suelo. Su ubicación es preferible cerca del tablero de control para reducir costos de cableado y llevar un mejor control de su funcionamiento.



Figura 15: Batería para sistema fotovoltaico.

Fuente: Intelligenio, s/f

Para conectar la batería, primero se debe conectar los conductores eléctricos a la bornera, conectando adecuadamente el borne negativo (-) y luego el borne positivo.



Figura 16: Conexión de los cables a la bornera.

Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

Luego, los extremos libres de los cables deben conectarse al controlador de carga.

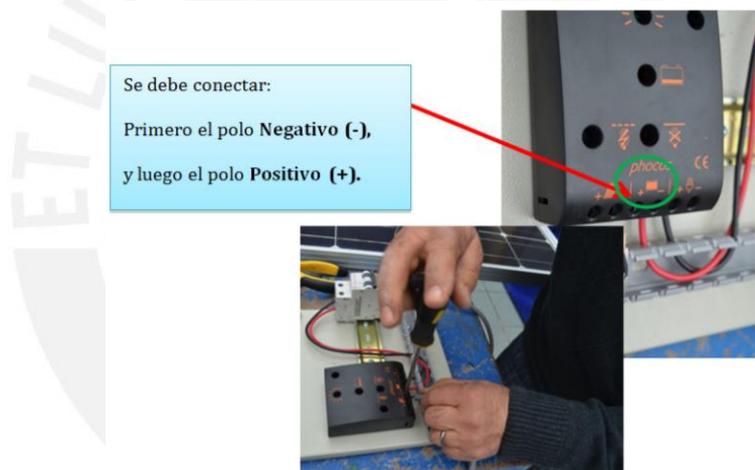


Figura 17: Conexión de la llave controladora de la batería al regulador.

Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

2.4.3.5. Conexión del inversor

El inversor se conecta al dispositivo que corresponde a través de las borneras. Se muestra el tipo de conexión que debiera realizar, sea para los paneles solares, la batería y/o la red pública:

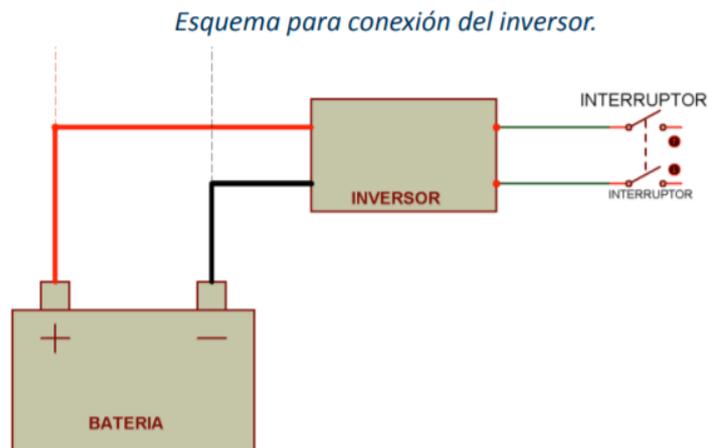


Figura 18: Esquema de conexión del inversor a los dispositivos del sistema fotovoltaico.
Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

2.4.3.6. Conexión del panel fotovoltaico al regulador de carga

Para la conexión de los paneles solares se debe realizar el siguiente esquema de conexión:

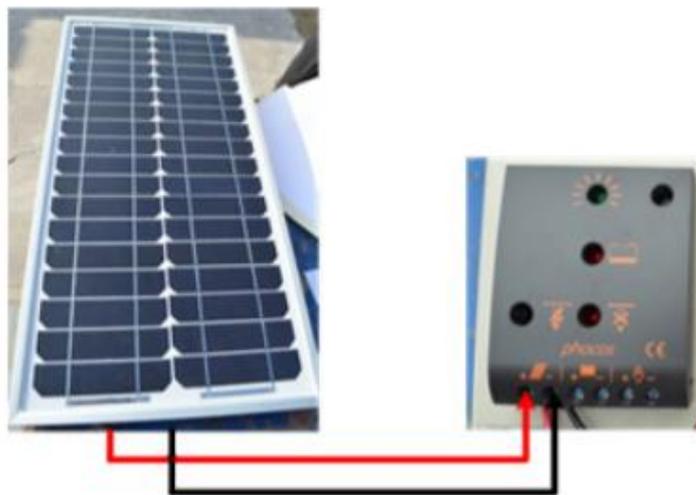


Figura 19: Conexión del panel solar al regulador de carga.

Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

2.4.3.7. Instalación de tomacorrientes y equipos de iluminación

Para poder realizar la instalación de los tomacorrientes al sistema, el cableado eléctrico de la edificación debe estar adecuadamente instalado. Para ello, se debe tomar en cuenta las conexiones que se realizarán en los distintos ambientes, de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

Luego los tomacorrientes e interruptores, los conductores serán pasados por los bornes posteriores del tomacorriente y ajustados adecuadamente, con el uso de un desatornillador y se ajustarán a este. Luego se colocará la tapa del tomacorriente y ajustará la caja de paso.

En el caso de las luminarias, se colocará un socket, pasando los cables por las bornes posteriores. Se debe fijar el socket a la caja de paso y se colocará la luminaria finalmente.

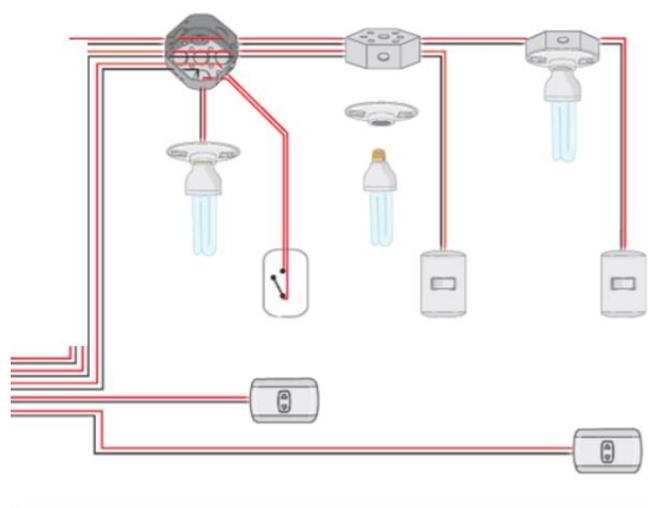


Figura 20: Esquema de instalación de cableado de tomacorrientes y equipos de iluminación.

Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

2.4.3.8. Verificación del funcionamiento del sistema fotovoltaico

Una vez instalado y entrando en funcionamiento los diferentes dispositivos del sistema fotovoltaico, se debe verificar el funcionamiento adecuado y el voltaje y amperaje con el que cada uno de los componentes trabaja, con la utilización de un multímetro.



Figura 21: Verificación del funcionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico.

Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

Todo inversor debe estar protegido por un interruptor para evitar posibles cortocircuitos y sobrecargas, tal como se muestra a continuación:

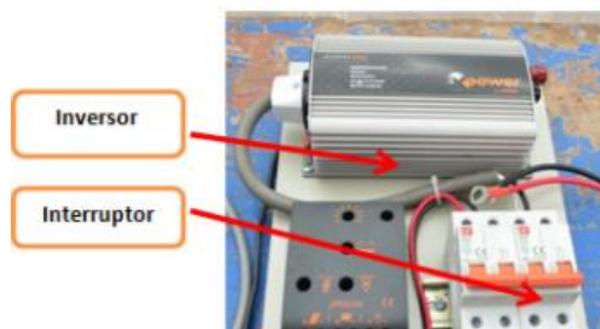


Figura 22: Ejemplo de instalación de interruptor a un inversor.

Fuente: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013

2.4.4. Costo de paneles solares

Los costos de la instalación dependerán de las dimensiones de los paneles y la potencia necesaria para la instalación de los equipos fotovoltaicos. Sin embargo, se puede obtener un precio estimado de acuerdo a los precios de sistemas fotovoltaicos completos. En este caso se utilizarán los precios de kit solares proporcionados por la empresa Intelligenio SAC, de sistemas tanto Off-grid como On-Grid.

Para el sistema On-Grid, se pueden hallar los siguientes valores:

Tabla 1: Costo promedio del sistema On-Grid.

Nombre del Sistema	Tipo de Sistema	Precio en US\$	Potencia instalada en W	US\$/W
SIPAN 5000	ON-GRID	4380	5000	0.88
SIPAN 8000		6975	8000	0.87
SIPAN 10000		8195	10000	0.82
CARAL 1000		1310	1000	1.31
CARAL 2000		2090	2000	1.05
CARAL 3000		2805	3000	0.94
Costo Promedio en US\$				0.98

Fuente: Catálogo de Intelligenio, 2020

Aproximadamente se pueden obtener precios entre US\$ 0.82 a 1.35 dólares por cada vatio de potencia para el sistema On-Grid, con un promedio de US\$ 0.98/W.

En el caso del sistema Off-Grid, se tienen los siguientes costos:

Tabla 2: Costo promedio del sistema Off-Grid.

Nombre del Sistema	Tipo de Sistema	Precio en US\$	Potencia instalada en W	US\$/W
CHAVÍN SOLAR 1300	OFF-GRID	520	375	1.39
CHAVIN SOLAR 2600		1290	500	2.58
CHAVIN SOLAR 5300		2540	1200	2.12
CHAVIN SOLAR 8000		3500	2000	1.75
CARAL 12000		5430	3000	1.81
Costo Promedio en US\$				1.93

Fuente: Catálogo de Intelligenio, 2020

Aproximadamente se pueden obtener precios entre US\$ 1.39 a 2.58 dólares por cada vatio de potencia para el sistema OFF-GRID, con un promedio de US\$ 1.93/W.

Debe tenerse en cuenta que estos valores pueden variar de acuerdo a los requerimientos y necesidades que se tengan y a la magnitud del proyecto en el cual se realizará la instalación. Además, se tiene que agregar el costo por instalación, el cual no se encuentra incluido en el precio proporcionado

3. Metodología propuesta

3.1. Elección del caso de estudio

En esta etapa, se comienza presentando el lugar de estudio el cual consiste en un Centro Educativo particular Secundaria ubicado en el distrito de Puente Piedra y por elección grupal se decide analizar y estudiar la factibilidad del uso de energía fotovoltaica en, únicamente, uno de sus ambientes, específicamente en el Aula 06 del 2do piso del pabellón institucional.

Una vez con el ambiente seleccionado, se procede a validar la zona para así conocer las condiciones climáticas y asegurar un correcto desarrollo fotovoltaico. Para ello, se recopila datos estadísticos brindados por Senamhi.

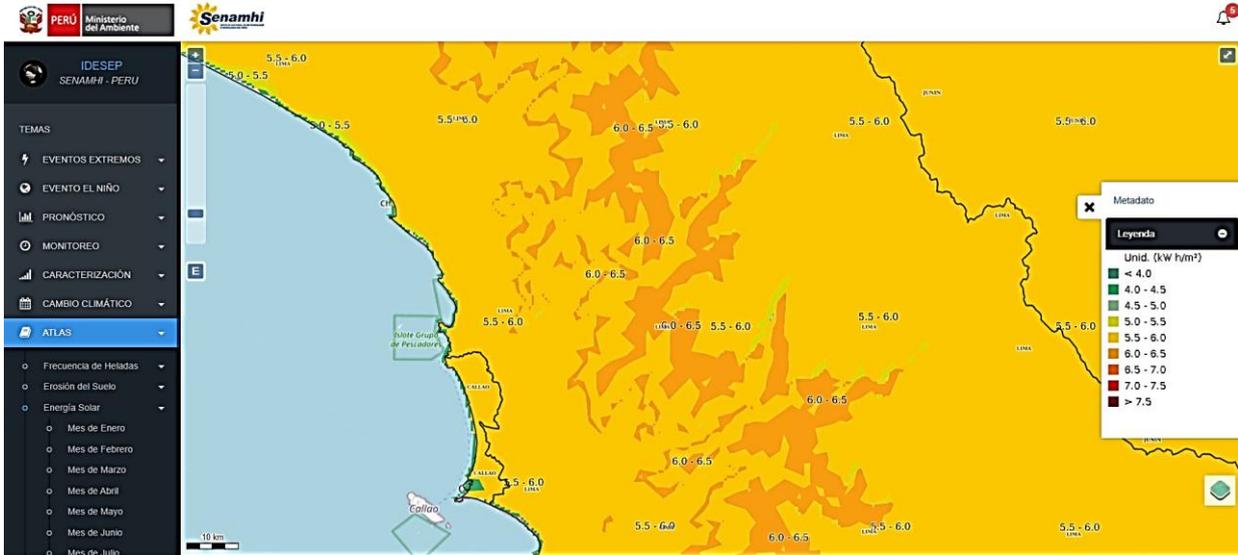


Figura 23: Energía solar anual en Puente Piedra

Fuente: Senamhi

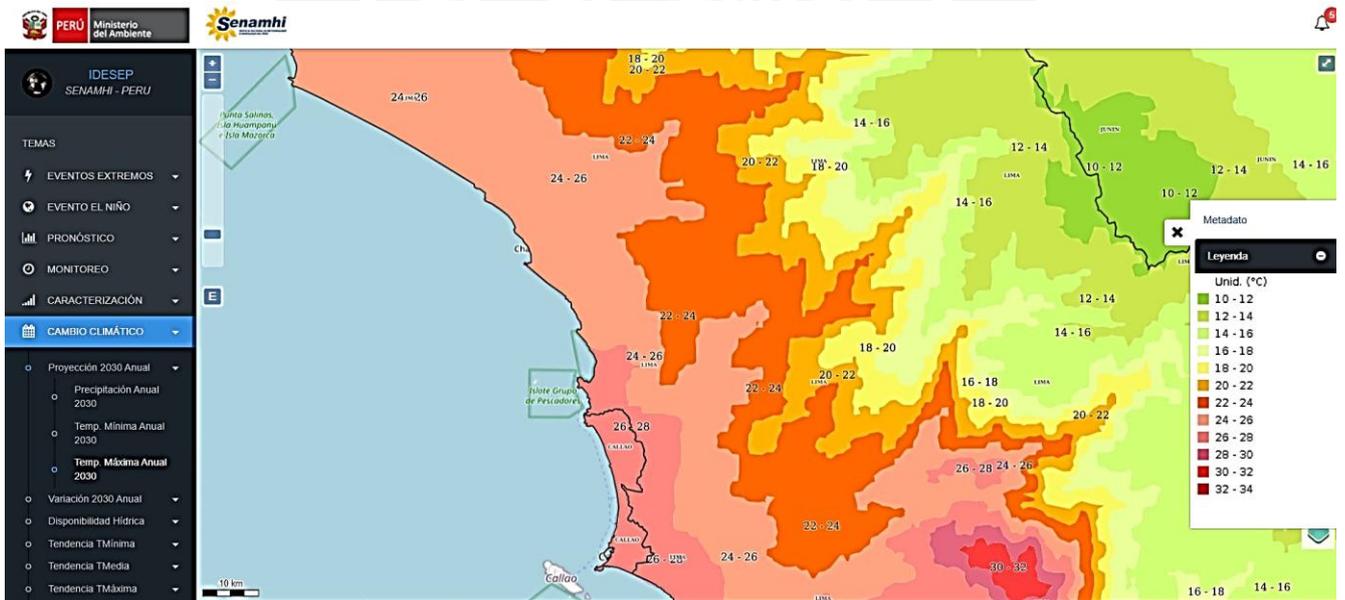


Figura 24: Temperatura máxima anual 2030 en Puente Piedra

Fuente: Senamhi

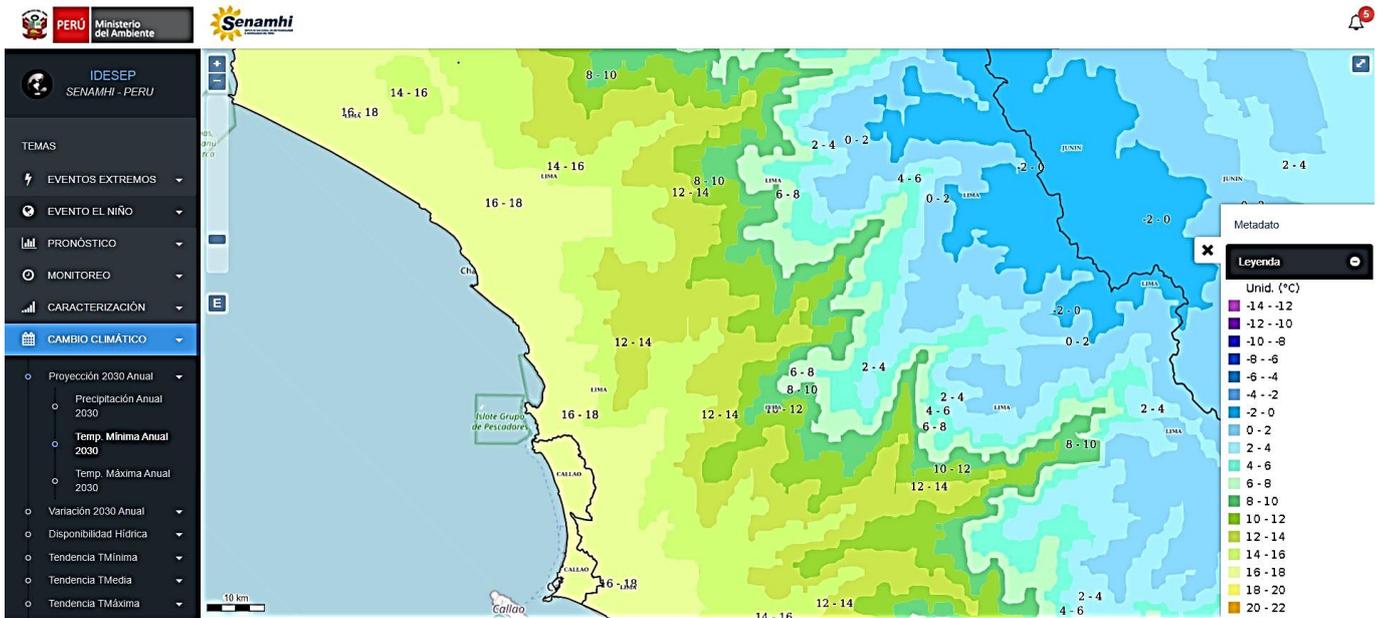


Figura 25: Temperatura mínima anual 2030 en Puntaje Piedra.

Fuente: Senamhi

Observando los gráficos brindados por Senamhi, se puede concluir que la energía solar anual promedio en Puntaje Piedra varía de 5.5 – 6.5 kW h/m², que la temperatura máxima anual para el 2030 oscilaría entre 22 – 26 °C y la temperatura mínima anual para el 2030 llegaría a 14 – 18 °C.

Estos datos serán de mucha utilidad al momento de decidir el número, tipo y modo de colocación de los paneles fotovoltaicos, así como el número de baterías a usar, el tiempo de carga y vida útil de los paneles.

3.2. Descripción del sistema eléctrico convencional

En esta etapa se explica y da a conocer el funcionamiento y detalles del sistema eléctrico convencional usado en el país. El Perú produce energía hidroeléctrica y pertenece a los países con una alta tasa de energías renovables. Como ejemplares de centrales hidroeléctricas se tiene a Gallito Ciego, una represa ubicada en la región de Cajamarca construida en 1981, asimismo, la central hidroeléctrica del Mantaro el cual suministra aproximadamente el 15% de toda la electricidad al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

Para la obtención de los datos actualizados de la producción y distribución de electricidad se consulta la página del Comité de Operación Económica del Sistema

Interconectado Nacional (COES-SINAC) en donde se obtuvo la producción mensual por tipo de generación para los años 2018 y 2019.

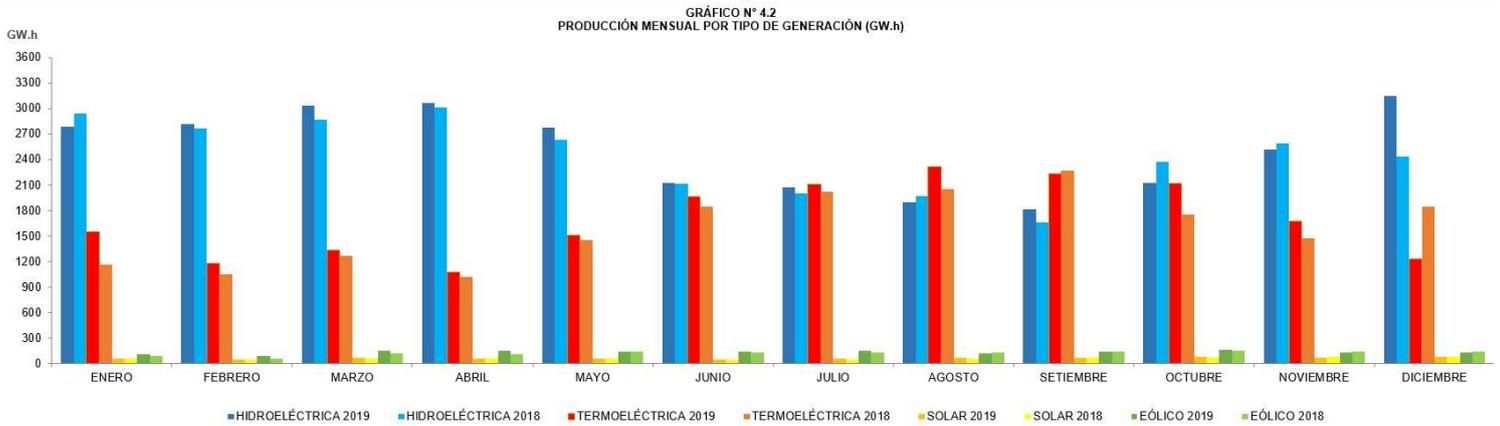


Figura 26: Producción mensual por tipo de generación en el 2018 y 2019

Fuente: COES-SINAC

Como se puede observar en la gráfica del COES-SINAC, básicamente la electricidad generada en el Perú proviene de centrales hidroeléctricas y centrales termoeléctricas. Por otro lado, las energías solares y eólicas tienen un menor uso e impacto en el país, es aquí donde resalta uno de los principales objetivos del presente tema de investigación, el poder conocer que tan factible es su implementación en un ambiente escolar y si resulta satisfactorio poder difundirlo y promocionarlo en todo el país.

3.3. Diseño para la instalación eléctrica de los paneles solares

En esta etapa se presentará la diversidad de sistemas usados para la implementación de paneles fotovoltaicos dividiéndolos, inicialmente, en dos pilares importantes:

- **On-Grid (conectados a la red):** Generan electricidad solo cuando la red pública está operativa, deben conectarse a la red para trabajar. Si existe un corte de energía por mantenimiento o corte luz, el sistema On-Grid dejará de aportar electricidad. Pueden devolver el exceso de electricidad generado a la red cuando se sobrepasa la demanda consumida por el usuario lo que permite un auto financiamiento o reducción de los recibos de luz.

Cabe mencionar que este sistema de auto financiamiento por generar más energía que la que consumo y esperar un reconocimiento financiado por parte de Enel aún no aplica para el país.

- **Off Grid (sin conexión a la red):** Usado en lugares donde no hay energía. Requieren acumular energía en baterías para los momentos de ausencia solar. Sistemas completamente independientes, usado en áreas aisladas sin acceso a la red o en casos donde de desee una red eléctrica independiente.

Una vez seleccionado el sistema a usar, se procede a la instalación de los paneles en una zona ya designada y validada por el grupo con recomendaciones por el proveedor y asesoramiento de personal calificado en instalaciones fotovoltaicas agilizando y asegurando el proceso de montaje.

El procedimiento a seguir para la instalación del sistema fotovoltaico recomendado por el “Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario” elaborado por el Proyecto EnDev/GIZ se muestra en la tabla.

Tabla 3: Principales pasos para instalar un sistema fotovoltaico.

Identificar la ubicación óptima para los paneles fotovoltaicos	
Instalación y conexión del panel fotovoltaico	Colocar el panel fotovoltaico en la estructura de metal que se ha construido y habilitado para soportarlo
	Conectar los cables del panel
	Realizar el montaje del panel
	Fijar el panel en el lugar establecido teniendo en cuenta factores de inclinación, orientación, ausencia de sombra, etc.
Instalación del regulador de carga	Fijar el regulador en el tablero de control
Instalación de la batería	Seleccionar un lugar adecuado para la batería
	Conectar la batería
	Conectar la batería al controlador de carga
	Conectar el inversor a la batería
	Conectar el interruptor de protección al inversor

Conexión del panel fotovoltaico al regulador de carga	
Instalación de tomacorriente y salidas de luz	Instalación del cableado
	Conexión a los tomacorrientes, interruptores y salidas de luz
Verificar el funcionamiento del sistema fotovoltaico	Verificar voltaje de baterías
	Verificar el funcionamiento de los equipos desde el regulador de carga
	Verificar el funcionamiento del panel fotovoltaico
	Verificar y detectar fallas comunes en el sistema
Verificación del mantenimiento y operatividad del sistema	

Fuente: Proyecto EnDev/GIZ

3.4. Presupuesto de los paneles solares

Para realizar con precisión el análisis del presupuesto de la instalación de paneles solares se debe considerar el coste de los componentes de los paneles solares, esto puede variar dependiendo al proceso constructivo del edificio, casa, colegio, etc. Otro alcance para analizar el presupuesto es la distancia donde se colocará el panel solar ya que este varía según el rendimiento. Asimismo, es necesario determinar la cantidad de paneles solares a usar para el caso de estudio ya que este será el principal costo de la instalación. Por otro lado, la vida útil de un panel solar determinara el costo de su mantenimiento y el costo de su operación. Además, es importante incorporar el costo de los materiales a usar para la instalación de los paneles solares y los componentes para su funcionamiento. Para determinar el costo de la vida útil de los paneles solares existen numerosos métodos de cálculos, pero para el caso de estudio de un centro educativo se usa la siguiente formula (Sánchez, 2010):

Las siguientes formulas se obtuvieron de European Photovoltaic Industry Association (EPIA), Photovoltaics in 2010.

$$PVcosto = PVin + PW_{(PVOM)}$$

Donde:

$PVcosto$: es el costo a lo largo de la vida útil de una instalación del panel solar

$PVin$: es la inversión inicial en el SFCR (unidades monetarias)

$PW_{(PVOM)}$: es el valor actual de operación y mantenimiento de la instalación

Asimismo, para hallar el valor de $PW_{(PVOM)}$ se deduce de la siguiente forma

(Sánchez, 2010):

$$PW_{(PVOM)} = PV_{(AOM)} \frac{K_{PV} (I - K_{PV}^N)}{I - K_{PV}}$$

Donde:

$PV_{(AOM)}$: costo anual de operación y mantenimiento (unidad monetaria)

N : vida útil de la instalación del panel solar (años)

$K_{PV} = \frac{1+\xi_{PVOM}}{(1+i)(1+g)}$ (adimensional)

ξ_{PVOM} : diferencial anual del costo de operación y mantenimiento de la instalación (adimensional)

I, g : índices de interés e inflación, respectivamente (adimensionales)

En general, la evaluación de costo se determina mediante la tarifa mensual según los parámetros de reglamento tarifarios actual para un sistema de instalación de paneles solares (Pérez, 2019). De tal forma, en la figura se muestra el costo de mano de obra, transporte, ingeniería y gastos generales:

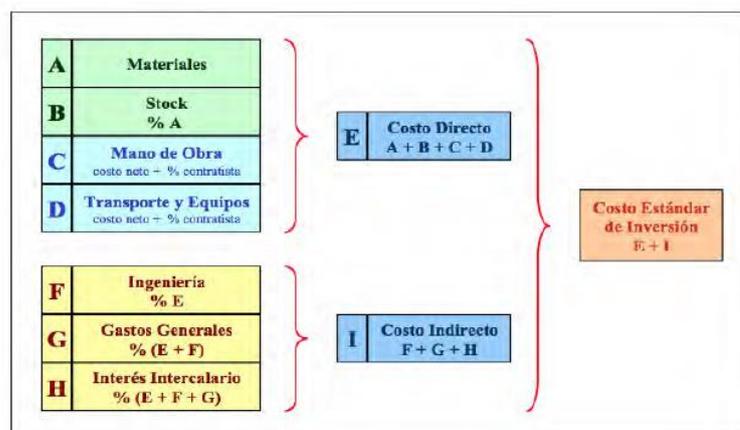


Figura 27: Costo estándar de inversión para la instalación de paneles solares

Fuente: Instalaciones eléctricas solar fotovoltaicas para el consumo doméstico (Pérez, 2019)

Los valores porcentuales que también son considerados como costos de inversión muestran la magnitud según el Sistema Fotovoltaico (Paneles solares) que se definen mediante un reglamento de Fijación de tarifa Rural para suministro no convencional (Pérez, 2019)

Tabla 4: Valores porcentuales de instalación de los paneles solares

Indicador	Valor porcentual en base a los costos netos (materiales y recursos)
%Contratista	25.00%
Stock %A	6.81%
Ingeniería %E	11.17%
Gastos Generales %(E + F)	6.00%
Interés Intercalarario %(E + F + G)	2.50%

Fuente: Instalaciones eléctricas solar fotovoltaicas para el consumo doméstico (Pérez, 2019)

Mediante los cálculos mostrados en los anteriores párrafos se puede determinar el costo de la instalación además de los materiales a usar de tal forma que se obtiene un presupuesto que posteriormente será comparado con un diseño de instalación eléctrica convencional y determinar cuál es económicamente viable. De este punto se describirá en los siguientes capítulos.

3.5. Comparación técnica y económica de los dos sistemas elegidos

El potencial energético es en uno los principales puntos de comparación entre una instalación eléctrica convencional y otra con el uso de paneles solares ya que el consumo de energía se asocia al costo del funcionamiento y manteniendo para cualquier alternativa.

3.5.1. Especificaciones técnicas

Es necesario determinar el caso de estudio y ver la infraestructura para calcular los equipos eléctricos para la instalación de cualquier sistema con el objetivo de realizar la comparación y analizar la factibilidad.

3.5.1.1. Paneles solares

Las especificaciones técnicas son las siguientes:

- Descripción de sistema fotovoltaico

Los paneles solares son una de las herramientas útiles como solución de zonas donde la energía convencional no puede llegar o es limitada; por ello, el desarrollo de su instalación equivale a una serie de componentes que se muestran en la siguiente figura:

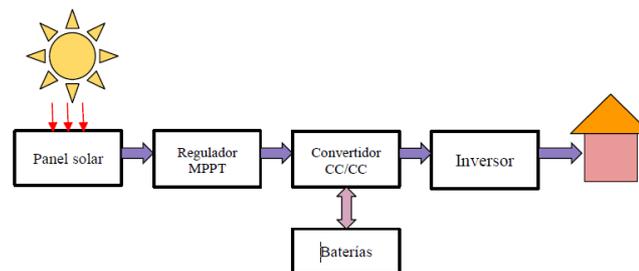


Figura 28: Diagrama del bloque de instalación fotovoltaica

Fuente: Instalaciones eléctricas solar fotovoltaicas para el consumo doméstico (Pérez, 2019)

- Potencial nominal de paneles solares

El potencial nominal depende de cada modelo se elija además de las cantidades para el óptimo rendimiento.

- Cantidad

Al realizar el diseño de instalación de los paneles solares se obtiene el potencial que se necesita y con ello la cantidad de paneles a utilizarse para el caso de estudio.

- Eficiencia modulo

Los módulos solares están fabricados de alta potencias estándar entre los 290 Wp y los 385 Wp (Inteligencia, 2020).

- Tipo de célula

Los tipos de células solares son de silicio, monocristalino y policristalino de altas potencias.

- Peso del panel solar

El peso depende de cada modelo y fabricante, pero no depende del rendimiento sino del tamaño de cada panel solar.

- **Dimensiones**

Las dimensiones también dependen del modelo y fabricante; además de la cantidad de celdas incorporadas para su funcionamiento.

- **Vida útil**

Depende del modelo y del fabricante que se encuentran en las especificaciones; además, es necesario el mantenimiento la verificación de los defectos de fabricación.

Para ejemplificar las especificaciones técnicas de los paneles solares, se optó por considerar 3 modelos del catálogo de la empresa Intelligenio (2020) ya que estos se encuentran disponibles en la ciudad de Lima. En la siguiente tabla se muestra las especificaciones de los modelos de paneles solares.

Tabla 5: Comparación de modelos según sus parámetros

Especificaciones	Modelo		
	SPLIT MAX 340W	BIFACIAL DOUMAX 405W	TALL MAX 385W
Potencial nominal	340 Wp	506 Wp	385 Wp
Tipo de Células	Policristalino	Monocristalino	Monocristalino
Número de células	144	144	144
Dimensiones	2024 x 1004 x 35 mm	1658 x 992 x 6 mm	2024 x 1004 x 35 mm
Peso	22.8 kg	23.0 kg	22.8 Kg
Conexión	IP 68	IP 68	IP 68
Vida útil	25 años	30 años	25 años

Fuente: Catalogo de Intelligenio, 2020

- **Normativa**

A nivel internacional existen normativas para el uso de paneles solares o también llamados módulos fotovoltaicos para su instalación

UNE EN 61215:2006 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación tipo”.

UNE EN 61646:2009 “Módulos fotovoltaicos (FV) de láminas delgadas para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación del tipo”.

Decreto Legislativo N° 1002 publicado en el 2008 que promueve la inversión en la producción de electricidad a través de fuentes energéticas renovables provenientes de fuentes solares, eólicas, geotérmicas, minihidráulicas y que sean destinadas al Sistema Eléctrico Interconectados Nacional (SEIN) y los Sistemas Aislados Mayores (SAM)

También se rige por las normas del Código Nacional de Electricidad (CNE) para el uso de paneles solares.

3.5.1.2. Electricidad convencional

Las especificaciones técnicas son las siguientes:

- Habilitación de la acometida desde el punto de conexión hasta el tablero general, el cual se ubica dentro de dirección haciendo que su uso sea exclusivo para personas autorizadas en caso de emergencia.
- Sistema de alimentación de tablero de distribución desde tablero general
- Sistema de puesta a tierra que va desde el tablero general hasta la varilla de cobre enterrado.
- Suministro de energía que depende de la empresa de servicio eléctrico de la zona.
- Seguir la Norma (EM.010) de instalaciones eléctricas en interiores y el código de electricidad (CNE) para determinar el cuadro de áreas, número de circuitos y carga instalada.

3.5.2. Características económicas

Uno de los puntos importantes de la investigación es el aspecto económico. La comparación del precio se puede analizar en el uso a largo plazo, el costo de instalación de los paneles solares se puede pagar relativamente en un periodo de corto tiempo a diferencia de la energía de suministro de empresas (electricidad contratada).

3.5.2.1. Paneles solares

El costo de instalación del panel solar depende del modelo y de sus componentes por lo que es necesario realizar un análisis de costo beneficio con el objetivo de analizar la cantidad de energía distribuida, almacenada y ahorrada con el uso de los paneles solares. El funcionamiento de los paneles solares depende de la energía solar; es decir, las condiciones climáticas para obtener los Kilowatts. Asimismo, cada modelo posee un

costo independiente además de características para el uso de casos específicos; además, según el diseño de instalaciones de paneles solares se obtendrá la cantidad que se necesita para abastecer al caso de estudio. Otro costo a verificar es el mantenimiento que se realice ya que este puede ser semestral o anual, dependiendo del distribuidor.

3.5.2.2. Electricidad convencional

El costo de la electricidad convencional contratada a una empresa encargada puede variar por zonas y por el uso de Kilowatts por soles o dólares. La medición se realiza mediante un tablero general que está conectada a la distribuidora y llega el costo mensual del uso de energía. Por otro lado, la instalación depende de los componentes como iluminación y tomacorriente que serán conectados mediante cables a un tablero distribuidor y luego este se conecta al tablero general.

3.6. Análisis ambiental de los paneles solares

Es necesario definir las características ambientales de la zona del caso de estudio para verificar el buen funcionamiento de los paneles solares. Por ello, relevante evaluar la temperatura de la localidad en las mañanas, tardes y noches, también en las distintas estaciones del año. Asimismo, verificar la precipitación durante los meses de verano e invierno; y humedad de la zona.

Otro de los factores importantes es la irradiación solar ya que mediante este se verificará la cantidad de energía que obtendrán los paneles solares para la distribución y almacenamiento si es el caso. Además, con el modelo que se elija para la obtención de energía solar se debe analizar las ventajas y desventajas según el ambiente.

3.7. Mantenimiento de los paneles solares

Todo equipo necesita mantenimiento en un periodo de tiempo durante su vida útil con el objetivo de que su rendimiento sea óptimo y no varíe en los años. Para ello, es necesario determinar un plan de vigilancia y un plan preventivo.

Plan de vigilancia:

Este permite asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos y mediante la observación se verifica los principales parámetros de funcionamiento, también incluye ver la limpieza de los módulos. (Sánchez, 2009)

Plan preventivo:

Este permite la inspección visual con el objetivo de verificar los límites aceptables para el correcto funcionamiento. Este punto es necesario que lo realice un técnico especializado, que puede venir de la misma distribuidora, ya que puede solucionar si existe algún desperfecto y reemplazar piezas si lo requiere; además, de comprobar las protecciones eléctricas, el estado del inversor, el estado de los módulos y el estado mecánico de los cables. Asimismo, el técnico debe realizar el mantenimiento semestral con el fin de ver el estado de los paneles durante su vida útil.

3.8. Evaluación de impacto ambiental del panel solar

Para realizar la evaluación de impacto ambiental de los paneles solares es necesario definir los medios como aire, suelo, agua, fauna, flora, relieve, entre otros que son involucrados, además, de identificar los factores y actividades que afecten la construcción de los paneles solares para luego ingresar los datos a una matriz de identificación de impactos. Después de analizar los impactos se realiza un cribado de impactos notables y mínimos de los cuales solo los notables serán evaluados. Finalmente, se realizará una valoración de los impactos positivos o negativos del proyecto y para buscar soluciones de mitigación. La siguiente figura resume la evaluación a realizarse.

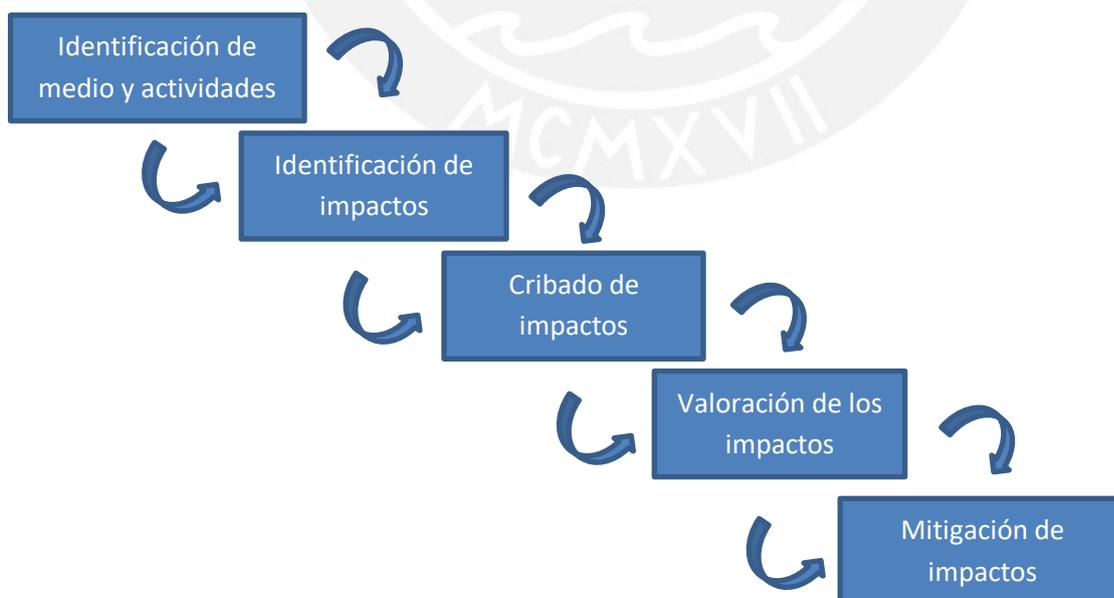


Figura 29: Esquema para EIA del panel solar

Fuente: Elaboración propia

4. Caso de estudio

4.1. Descripción del proyecto

Como se ha estado mencionando anteriormente, el presente estudio tiene como principal objetivo el poder conocer que existe otro tipo de abastecimiento eléctrico por el que se puede optar, así como poder conocer sus ventajas y desventajas frente al sistema eléctrico convencional.

Para todo ello, se eligió plantear este sistema con el uso de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos a un aula típica del proyecto “Centro Educativo particular secundario” que consta con, únicamente, una línea de alumbrado y una de tomacorriente para así tener una idea más clara de todas las exigencias, inconvenientes y características que conlleva su implementación.

Tabla 6: Parámetros del caso de estudio

Características del proyecto	
Nombre del proyecto:	Centro Educativo particular secundario
Ubicación:	Puente piedra
Caso de estudio:	Aula 06
Área Aula 06:	40.15m ²
Demanda máxima:	1.5Kw
TD correspondiente:	TD-08
Número de polos TG:	24 polos
Número de polos TD-08:	8 polos
Consumo del colegio:	6.25Watts/hora
Puntos iluminación:	3 puntos
Puntos tomacorriente:	4 puntos
Carga iluminación:	250.94 Watts/hora
Carga tomacorriente:	250.94 Watts/hora
Hrs funcionamiento Aula 06:	8 horas
Consumo máximo CT:	4015 Wh/día
Empresa distribuidora:	INTELLIGENIO
Modelo panel solar:	SPLIT MAX 340W
Sistema:	On Grid
Cantidad de módulos:	8 módulos

Modelo batería:	OPZV – GFMJ 200Ah
Número de baterías:	4 aproximadamente
Sistema usado:	Caral 3000, 9 paneles

Fuente: Elaboración propia

4.2. Diseño de instalación eléctrica convencional

4.2.1. Instalaciones eléctricas

En el proyecto en mención se ha diseñado las instalaciones eléctricas correspondientes incluyendo un sistema:

- Habilitación de la acometida desde el punto de conexión de la red hasta el Tablero General TG distribuyéndose a los tableros de distribución correspondiente para cada aula
- Sistema de puesta a tierra que va desde el Tablero General hasta la varilla de cobre enterrada bajo tierra.

4.2.2. Suministro de energía

La empresa encargada de suministrar energía al proyecto será ENEL con una alimentación de baja tensión 220v – trifásica.

La ubicación del medidor, así como estándares de construcción del mismo serán aprobados por la misma empresa ENEL junto con la municipalidad de Puente Piedra cumpliendo con las normas establecidas.

4.2.3. Norma y referencias

Mediante la norma EM.010 de instalaciones eléctricas en interiores y el Código Nacional de Electricidad (CNE), la memoria descriptiva incluirá los siguientes puntos:

- Cuadro de áreas
- Numero de circuitos
- Carga instalada

4.2.4. Cuadro de áreas

Las áreas de cada ambiente se utilizarán para identificar la cantidad de circuitos y la carga instalada requerida para el proyecto.

Además, se resalta el ambiente del Aula 06 la cual será tomada para el análisis comparativo.

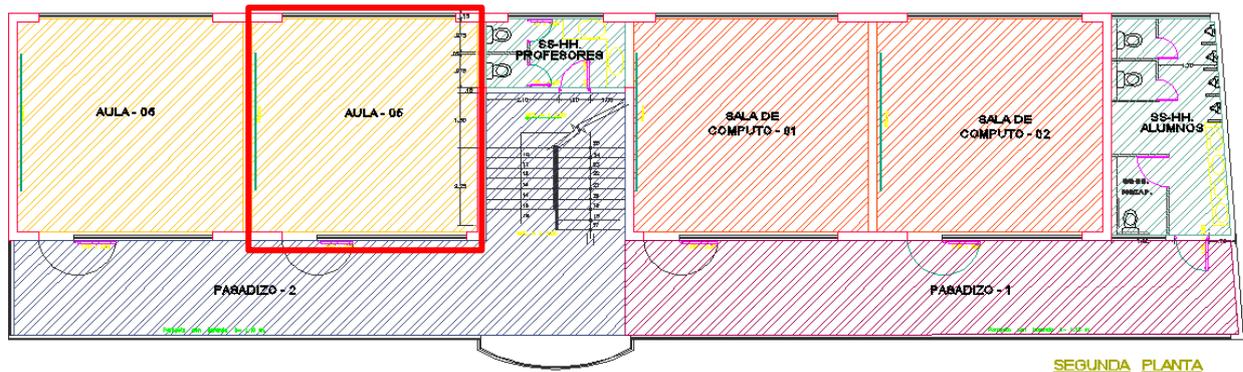


Figura 30: Distribución de áreas para el segundo piso del proyecto “Centro Educativo”

Fuente: Elaboración propia

Cuadro de Áreas		
Segundo piso	Aula 06	40.15m ²

4.2.5. Número de circuitos

Se detallará la distribución de circuitos considerados para el proyecto, así como los diagramas unifilares del tablero de distribución TD-8 y tablero general.

- Se ha considerado un tablero de distribución por cada salón, resultando un total de 8 tableros (TD-1, TD-2, TD-3, TD-4, TD-5, TD-6, TD-7, TD-8), **donde el TD-8 corresponde al alumbrado y tomacorrientes del Aula 06**
- Todos los tableros de distribución llegan a un mismo punto que es el Tablero General ubicado en la dirección.

Distribución de los circuitos por ambientes:

TABLERO DISTRIBUCION TD-8

- C-8: Alumbrado Aula 06
- C-8.1: Tomacorriente Aula 06

TABLERO GENERAL

- C-10: Alumbrado SS.HH Alumnas
- C-10.1: Tomacorriente SS.HH Alumnas
- C-11: Alumbrado Pasadizo, escaleras
- C-14: Corriente electrobomba
- C-15: Tomacorriente Luz de Emergencia 1er piso
- TD-1
- TD-2
- TD-3
- TD-4
- TD-9

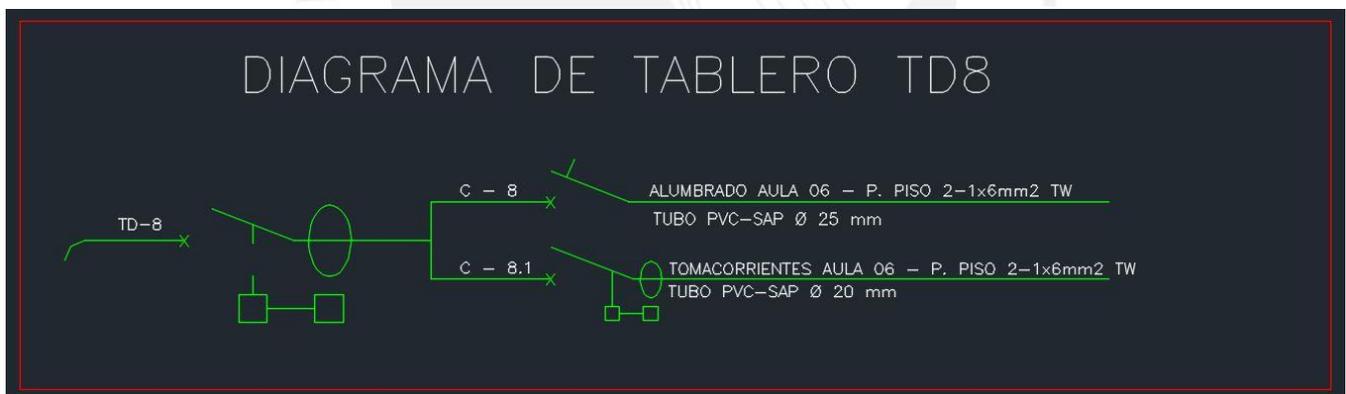


Figura 31: Diagrama de tablero TD8

Fuente: Elaboración propia

Carga instalada

Según el Ministerio de Energía y Minas, para Escuelas, las capacidades mínimas de los conductores de acometidas o de los alimentadores deben basarse en una carga básica de 50 w/m² por área de aula y 10 w/m² de área restante del edificio.

Asimismo, la aplicación de factores de demanda para edificios de hasta 900 m² debe ser del 75%

Si analizamos únicamente el Aula 06 se obtiene:

Tabla 7: Carga Total

ITEM	DESCRIPCION	AREA	CARGA (w/m ²)	C.I (w)	F.D	D.M (w)
1.0	Carga básica					
1.1	Área total del colegio					
1.2	Carga de Aula 06	40.15	50.00	2,007.5	0.75	1,505.6
1.3	Carga de área restante	0.00	10.00	0.0	0.75	0.0
2	Cargas especiales					
2.1	Electrobomba (1HP)					
	Carga Total			2,007.5		1,505.6

C.I=	2.008	Kw
D.M=	1.506	Kw
F.D=	0.75	Kw

Fuente: Elaboración propia

La demanda máxima a contratar para el Aula 06 será de 1.5 Kw

4.2.6. Diseño de tablero

Se tiene un único alimentador general el cual alimenta a 10 tableros de distribución (trifásico) y este a su vez 13 circuitos monofásicos.

Para determinar el número de polos del tablero general, se usará la siguiente tabla:

		INTERRUPTORES TRES (3) POLOS (TRIFÁSICOS)																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
INTERRUPTORES DOS POLOS (MONOFÁSICOS)	0	8	8	8	12	12	18	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54
	1	8	8	12	12	18	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54	
	2	8	8	12	18	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54		
	3	8	12	12	18	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54		
	4	8	12	18	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54			
	5	12	18	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54				
	6	12	18	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54				
	7	18	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54					
	8	18	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54						
	9	24	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54						
	10	24	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54							
	11	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54								
	12	24	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54								
	13	30	30	36	36	42	42	48	48	54	54									
	14	30	36	36	42	42	48	48	54	54										
	15	36	36	36	42	42	48	48	54	54										
	16	36	36	42	42	48	48	54	54											
	17	36	42	42	48	48	54	54												
	18	36	42	42	48	48	54	54												
	19	42	42	48	48	54	54													
	20	42	48	48	54	54														
	21	48	48	48	54	54														
	22	48	48	54	54															
	23	48	54	54																
	24	48	54	54																
	25	54	54																	
	26	54																		

INSTRUCCIONES

Para seleccionar su Tablero entrar en la tabla adjunta con el número de interruptores de 2 polos y de 3 polos que figura en su plano eléctrico incluidos los circuitos de reserva o espacios de reserva.

La intersección le indicará el número de polos del tablero que necesita.

La tabla es válida sólo para interruptores menores o iguales a 100 A.

Figura 32: Interruptores tres polos

Fuente: Diapositivas del curso Instalaciones en edificaciones PUCP 2018

Según el diagrama unifilar mostrado, al tablero general TG llegan 5 conexiones trifásicas y 5 conexiones monofásicas, haciendo un total de 24 polos que llegan al tablero general.

Además, cabe mencionar que al tablero de distribución **TD-8 correspondiente al Aula 06**, solo recibe el cableado de una corriente de alumbrado y una de tomacorriente haciendo un total de 1 conexión monofásica y 1 conexión trifásica, haciendo un total de 8 polos que llegarían al tablero TD-8.

4.2.7. Diseño de circuitos

Formulas extraídas de las diapositivas del curso Instalaciones en Edificaciones - PUCP 2018

Cálculo de corriente (A) en un circuito trifásico:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\theta}$$

Cálculo de corriente (A) en un circuito monofásico:

$$I = \frac{P}{V * \cos\theta}$$

Ilustración I Valores de Factores de Potencia

NOTA.

Para el **circuito de alimentación** se computa como la potencia :

Máxima Demanda

Para los **circuitos derivados** se computa como la potencia la:

Carga Instalada

Para los valores de CosØ (Factor de potencia):

1.00 para resistencia puraalumbrado, therma
0.95 para combinaciones rc y rl... cocina eléctrica, tomacorrientes
0.90 para combinaciones rlcalimentador, electrobombas,
 lavandería, cargas móviles

Fuente: Diapositivas del curso Instalaciones en edificaciones PUCP 2018

Para un voltaje de 220 voltios, según los datos de Ilustración 1, los valores de $\cos\theta$ son:

Tabla 8: Resultados de voltaje

Voltaje	220
$\cos\theta$	
Alumbrado	1.00
Tomacorriente	0.95
Electrobomba, alimentador	0.90

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de las secciones transversales de los conductos de corriente, se requiere el uso de la tabla 27.1: Intensidades admisibles en amperios para diversos tipos de conductores aislados (National Electrical Code 1953)

Tabla 9: Intensidad admisibles para diversos tipos de conductores aislados

TABLA: 27.1 : Intensidades admisibles, en amperios, para diversos tipos de conductores aislados (NATIONAL ELECTRICAL CODE 1953)												
Máximo, tres conductores por tubo, conducto o envolvente, a base de una temperatura del local de 30°C												
A	B		Sección Comercial	C*	D*	E	F	G	H	I	J	K*
Número de la galga americana Standard AWG	Sección Transversal		mm ²	Resistencia de un conductor en tubo reglamentario, en ohmios por 1000 metros a 60° C	Reactancia de un conductor en tubo reglamentario, en ohmios por 1000 metros, a 60 ciclos por segundo	Cauchos tipos R, RW, RU, RUW (14-2) - Termoplásticos tipos T, TW - Tipo RH, RW	Caucho tipo RH - Tipo RH, RW - Tipo RHW	Papel - Amianto termoplástico tipo TA - Cinta Barnizada Tipo V - Cinta de Amianto barnizada tipo AVB - Cable MI	Cinta de Amianto, barnizados tipos AVA AVL	Amianto impregnado Tipo A1 (14-8) Tipo AIA	Amianto Tipo A (14-8) Tipo AA	Coeficiente aproximado de corrección para cuando los conductores están al aire libre (Multiplicar por:)
	Milésimas circulares de pulgada	mm ²										
14	4,107	2.1	2.5	9.57	-	15	15	25	30	30	30	1.2
12	6,530	3.3	4.0	6	-	20	20	30	35	40	40	1.4
10	10,380	5.3	6.0	3.81	-	30	30	40	45	50	55	1.4
8	16,510	8.7	9.0	2.38	0.1174	40	45	50	60	65	70	1.45
6	26,250	13.3		1.526	0.1101	55	65	70	80	85	95	1.5
4	41,740	21.1		0.958	0.1043	70	85	90	105	115	120	1.55
3	52,630	26.7		0.761	0.1	80	100	105	120	130	145	1.55
2	66,370	33.6		0.604	0.0981	95	115	120	135	145	165	1.55
1	83,690	42.4		0.479	0.1	110	130	140	160	170	190	1.55
0	105,500	53.5		0.38	0.0974	125	150	155	19	200	225	1.55
0	133,100	67.4		0.301	0.0951	145	175	185	215	230	250	1.55
0	167,800	85		0.239	0.0922	165	200	210	245	265	285	1.55
0	211,600	107.2		0.189	0.0905	195	230	235	275	310	340	1.55

Fuente: Diapositivas del curso Instalaciones en edificaciones del año 2018

Se muestra únicamente los conductores referentes al Aula 06:

Tabla 10: Energía para el diseño

Circuito	Tipo	Descripción	Potencia (vatios)	I (amp)	I min (amp)	Circuito	Llave diferencial	Diseño
TD-8	3P	Tablero de distribución Aula 06	4015	11.71	15	3X15A		3-1x6mm ² TW
C-8	2P	Alumbrado Aula 06	2007.5	9.13	10	2X10A	2x25A	2-1x2.5mm ² TW
C-8.1	2P	Tomacorriente Aula 06	2007.5	9.61	10	2X10A	2x25A	2-1x2.5mm ² TW

Fuente: Elaboración propia

4.2.8. Diseño pozo tierra

Se decidió utilizar un único pozo tierra ubicado a 3 metros a la derecha del tablero general. Este consiste en una varilla de cobre enterrada con tratamiento higroscópico ecológico el cual cumple la función de conducir y dispersar las corrientes eléctricas del colegio.

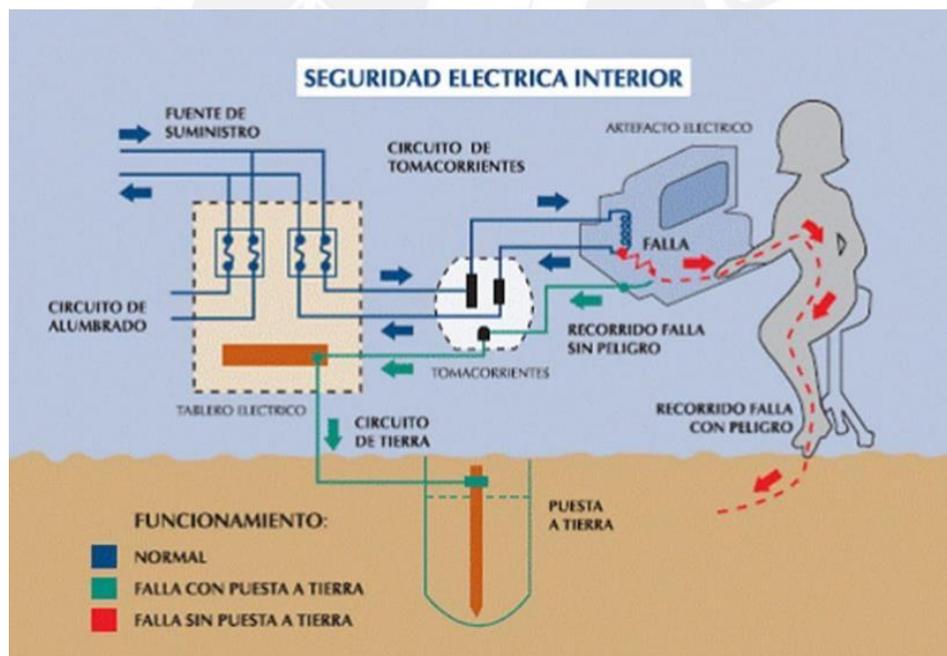


Figura 33: Distribución eléctrica en interiores

Fuente: GES E.I.R.L

Contar con un circuito eléctrico con puesta a tierra, como se entiende en la imagen previa, permite asegurar que, ante cualquier falla de aislamiento, las partes metálicas de todos los equipos eléctricos descarguen la corriente eléctrica hacia la tierra sin afectar al usuario evitando que sufra una descarga eléctrica.

4.3. Diseño de instalación eléctrica con paneles solares

El caso de estudio abarca al salón 6 del proyecto del Centro Educativo Particular Secundario en Puente Piedra, por lo que los cálculos de diseño e instalación de los componentes del panel solar serán de dicha área. Asimismo, en la siguiente figura se ilustra el procedimiento a seguir para el diseño.

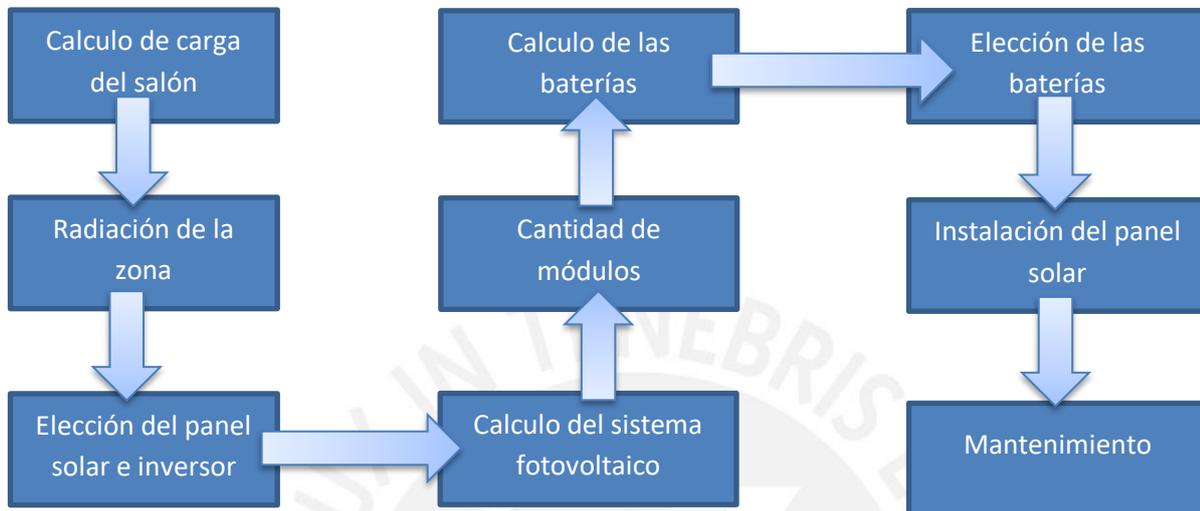


Figura 35: Esquema de diseño de instalaciones con paneles solares

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Cálculo de carga del aula

El área del salón es de 40.15 m^2 y se encuentra en el segundo piso del Centro Educativo. Dentro su análisis de instalaciones eléctricas el salón será un área de clases que solo contará con iluminación y con 4 tomacorrientes. Cada uno posee un voltaje que se detalla en los siguientes cálculos y se considera 6.25 watts por hora por el consumo del colegio:

$$\text{Carga iluminación} = \text{Área} \times \text{Carga} = 40.15 \text{ m}^2 \times 6.25 \frac{\text{Watts}}{\text{horas}} = 250.94 \frac{\text{Watts}}{\text{horas}}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga tomacorriente} &= \text{Área} \times \text{Carga} = 40.15 \text{ m}^2 \times 6.25 \frac{\text{Watts}}{\text{horas}} \\ &= 250.94 \frac{\text{Watts}}{\text{horas}} \end{aligned}$$

Por otro lado, se debe considerar los cálculos del consumo por día, dependiendo de la cantidad de horas que estará en funcionamiento el aula, que es de 8 horas de uso diario. Por lo tanto, a la carga de watts/ hora se multiplica las horas para obtener el valor de la carga y con la suma de los dos resultados se halla la cantidad de carga para el diseño. En la siguiente tabla, se muestra las cargas totales.

Tabla 11: Cálculo de energía total

ENERGIA TOTAL					
EQUIPOS	Cantidad	Consumo C/u (W)	Consumo Gral (W)	Uso diario (h/día)	Consumo Máximo, CT (Wh/día)
Alumbrado aula 06	1.00	250.94	250.94	8.00	2007.50
Tomacorriente aula 06	1.00	250.94	250.94	8.00	2007.50
Energía Total					4015.00

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Radiación de la zona – Puente Piedra – Lima

La zona donde se encuentra Puente Piedra es costera a 185 msnm aproximadamente por lo que el clima varía dependiendo de las estaciones. El análisis de la irradiación de la zona abarca a verificar el rendimiento de los paneles solares ya que mediante la energía solar se obtiene la electricidad para el aula. En las siguientes figuras se muestra la irradiación en Lima anual

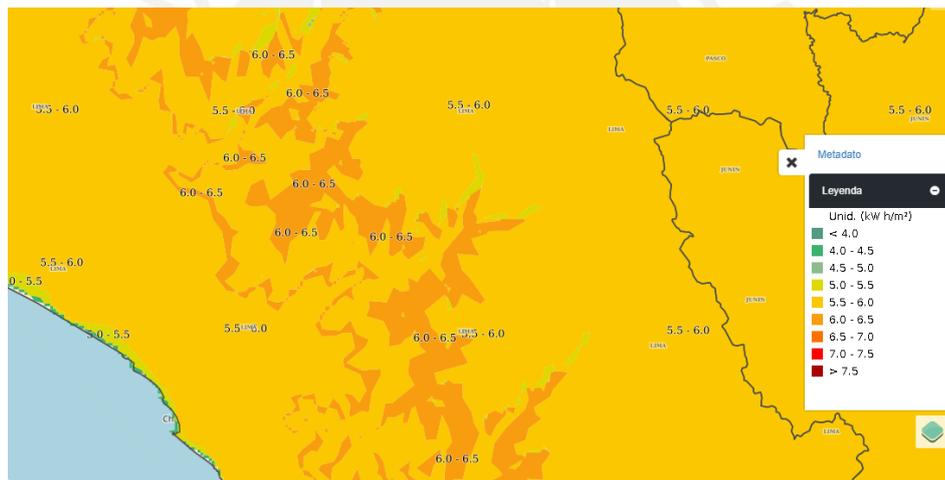


Figura 36: Índice de irradiación ultravioleta (IUV)

Fuente: Senahmi (2020)

La figura muestra el que en la zona de Puente Piedra posee una irradiancia de 6 a 6.5 Kw/m², lo que permite el buen funcionamiento del sistema fotovoltaico. Por tal razón, para el diseño se elige un sistema fotovoltaico On Grid (conexión a las redes eléctricas) para su funcionamiento en todo el año. Además, esto permite a que se pueda aumentar el rendimiento y poder almacenar energía para su ahorro. Esto reduce el costo de electricidad convencional pero no reemplaza todo.

4.3.3. Elección del panel solar e inversor

La empresa distribuidora de paneles e inversores seleccionados es INTELLIGENIO, una empresa peruana dedicada al servicio de energía solar que trabajan con integradores fotovoltaico; además que se encarga de la instalación de los paneles a la zona contratada. Del catálogo de la empresa mencionada, existen tres modelos mencionados en la metodología. Sin embargo, existen dos factores principales para la elección de los componentes, el costo y la garantía. Siguiendo esos requisitos se eligió el modelo SPLIT MAX 340W de la fábrica SPLITMAX. Además, el inversor es On Grid – MG Monofasico ya que solo será para el uso de un aula.

Panel Solar: SPLIT MAX 340W

Su potencia nominal es 340 Wp y su tipo de células es Policristalino con 144 número de células, sus dimensiones son de 2024 x 1004 x 35 mm y un peso de 22.8 kg. La garantía cubre por 10 años si es por defecto y una vida útil de 25 años (Intelligenio, 2020).

Inversores On Grid / MG Monofásico

Su uso es para maximizar el rendimiento de los paneles colocados en los techos o bloques de viviendas. Posee una alta eficiencia energética y un amplio intervalo de temperatura, además de la tensión de funcionamiento que le permite amortizar al máximo su inversión (Intelligenio, 2020)



Figura 37: Panel solar e inversor

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Cálculo del sistema fotovoltaico

Para el cálculo es necesario la carga total del aula que es de 4015 Watts, las horas picos que abarca de 2 a 3 horas dependiendo de la estación, pero en condiciones de verano puede llegar más de 3 horas y menos de 5 horas. Además, es necesario el rendimiento global del panel solar que se halla según sea sus especificaciones.

$$\text{Consumo real} = \frac{\text{Consumo teorico}}{(\text{Porcentaj de perdidas por inversor} \times \text{Porcentaje de perdida de bateria})}$$

$$\text{Rendimiento global} = \left(1 - \frac{\text{Días autonomos}}{\text{Profundidad de descarga}}\right)$$

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12: Resultados de consumo real y rendimiento

Consumo real (Watts/día)	4180.6
Rendimiento global	0.80 (80%)

Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Cantidad de módulos

Para hallar la cantidad de módulos es importante considerar el consumo real y el rendimiento; además, de la potencia nominal del modelo elegido del panel solar. Por otro lado, las horas solares picos por día serán 2 como mínimo para ser conservadores; sin embargo, hay días que son mayor de 2. La fórmula para hallar la cantidad de módulos es la siguiente.

$$\text{Cantidad de modulos} = \frac{\text{Consumo real}}{\text{Potencia nominal} \times \text{rendimiento} \times \text{horas solares pico}}$$

$$\text{Cantidad de modulos} = \frac{4180.6 \text{ W}}{340 \text{ W} \times 0.80 \times 2} = 7.7 = 8 \text{ (aproximado)}$$

La cantidad de módulos a usar son 8 y cada uno tiene 144 número de células y de tipo policristalino.

Por ello, el kit de sistema elegido es On-grid denominado CARAL SOLAR 3000 que consta con 9 paneles para su instalación. Esto es beneficioso para el diseño ya que aumenta el rendimiento de obtención de energía solar.

4.3.6. Cálculos de las baterías

Para hallar la capacidad nominal de las baterías es necesario los datos del consumo real, días de autonomía y profundidad de descarga. Con la siguiente formula se halla la capacidad de las baterías.

$$\text{Capacidad nominal de las baterías (Wh)} = \frac{\text{Consumo real} \times \text{días autonomos}}{\text{Profundidad de descarga}}$$

$$\text{Capacidad nominal de las baterías (Wh)} = \frac{4180.6 \times 1}{0.5} = 8361$$

$$\text{Capacidad nominal de las baterías (Ah)} = \frac{8361}{12} = 697$$

La capacidad nominal de las baterías es de 697 Ah, con este valor se elige el modelo de batería a usar y la cantidad de baterías necesarias para su almacenamiento.

4.3.7. Elección de las baterías

De la empresa INTELLIGENIO, en su catálogo se eligió la batería OPZV – GFMJ de 200 Ah con las siguientes dimensiones máximas 103 x 206 x 386mm y un peso de 20 kg.



Figura 38: Batería OPZV-GFMJ 200

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la cantidad de baterías necesarias en el caso de estudio, es necesario aplicar la siguiente formula que depende de la capacidad nominal de la batería y la capacidad del modelo elegido de la batería.

$$\text{Número de baterías} = \frac{\text{Capacidad nominal de las baterías}}{\text{Capacidad de las baterías}}$$

$$\text{Número de baterías} = \frac{8361 \text{ Ah}}{200 \text{ Ah}} = 3.5 = 4 \text{ (Aproximadamente)}$$

El total de baterías a usar es 4 para el almacenamiento de energía solar.

4.3.8. Instalación del panel solar

Para los paneles híbridos u On grid es necesario ver donde se colocará el sistema fotovoltaico ya que de eso depende su funcionamiento. La posición elegida depende de

la posición de entrada y salida del sol (alba y ocaso) que en este caso es de este a oeste; por ello, el rumbo de los paneles solares son N40°E ya que se genera estabilidad en la instalación de los paneles, estos apuntan al este girando al norte.

Por otro lado, para el caso de estudio se colocará los paneles en el techo de las escaleras de la azotea que consta de un área de 22.5 m² como se muestra en la figura 39 y los 9 módulos de los paneles abarcan un área de 18.65 m² (80% del área elegida) por lo que cumple con las condiciones de instalación óptima.

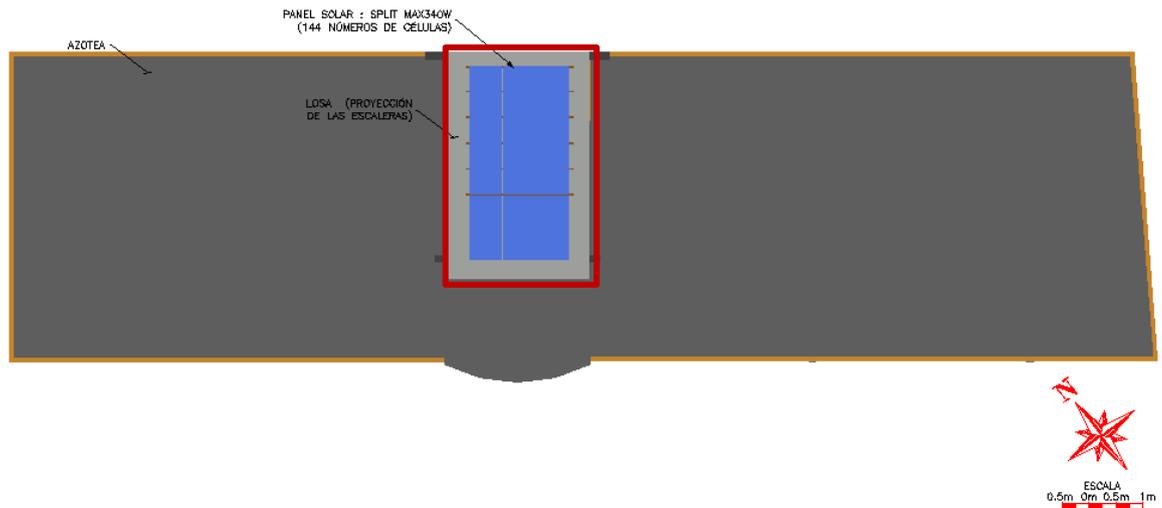


Figura 39: Área de instalación

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, es necesario determinar la inclinación de los paneles solares, según el distribuidor (INTELLIGENIO), es recomendable la colocación entre los 12° a 15°, se optó por colocarlo en 12° para las condiciones estándares del panel solar. En el ANEXO 1 se muestra el plano de la propuesta de los paneles solares en el centro educativo donde se detalla las vistas frontales, posteriores y proyección en 3D para la instalación.

4.3.9. Mantenimiento

El mantenimiento de los paneles solares se realizará la empresa INTELLIGENIO y se aplicará la garantía si es necesaria. Además, de su control y revisión periódica.

Plan de vigilancia:

Cada mes se evaluará su funcionamiento y limpieza encargado por un especialista para evitar cualquier contratiempo. Asimismo, de la calibración diaria antes de iniciar su

funcionamiento. Se contratará un vigilante que monitoree la tensión y energía diaria con el fin de ver su constante rendimiento.

Plan de mantenimiento preventivo:

La técnica encargada de ver los defectos, fallas, roturas, reparación e instalación será la distribuidora INTELLIGENIO ya que ellos cuentan con la experiencia técnica para evaluar cualquier producto. Además, realizar las comprobaciones de las protecciones eléctricas, los estados de módulos, el estado del inversor, de la batería, entre otros.

4.4. Costo del sistema de paneles solares

Dados los resultados, se optó por implementar el kit de sistema on-grid denominado CARAL SOLAR 3000, proveído por la empresa INTELLIGENIO, y el cual incluye 9 paneles solares de 340WP, 1 Inversor Monofásico de 3KW, el sistema de montaje 1x4 + 1x6 y la caja de conexión eléctrica.

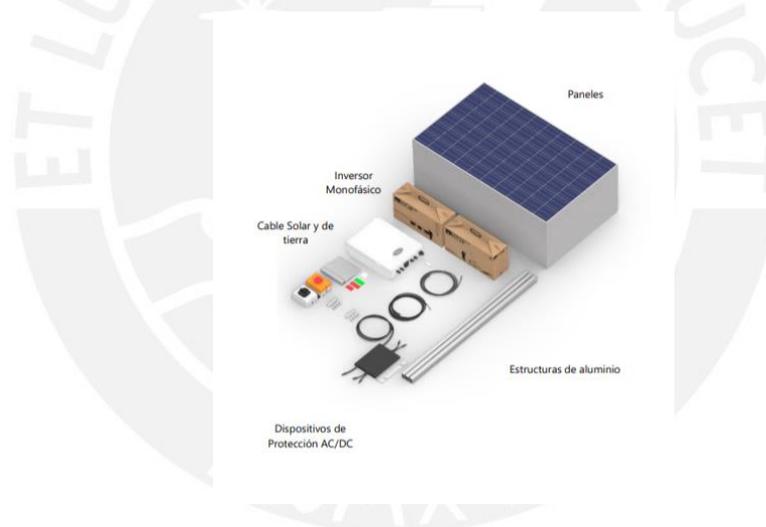


Figura 40. Componentes del kit Caral Solar 3000.

Fuente: Catálogo de Intelligenio, 2020

El kit CARAL SOLAR 3000 cuenta con los costos que se muestran en la tabla 13. Para la instalación del sistema solar, se evaluó la ubicación y la posición de los paneles solares en el centro educativo y del aula que será alimentada con la electricidad proveniente de la energía solar, estimándose en 50% del costo del kit solar.

Tabla 13. Costo del kit Caral Solar 3000 + Instalación

Concepto	Precio Incluido IG
Kit Solar Caral 3000	US\$ 2805.00
Instalación del Kit Solar y conexión a la red eléctrica	US\$ 1200.00
Subtotal en dólares americanos	US\$ 4205.00
Tipo de Cambio (S./US\$)	S/. 3.60
Subtotal en Soles (sin IG)	S/. 15,138.00
IG	S/. 2724.84
Total en Soles (con IG)	S/. 17862.84

Fuente: Catálogo de Intelligenio, 2020

4.5. Costo energético con utilización del sistema de paneles Solares

De acuerdo con la guía de precios de la empresa INTELLIGENIO, con la utilización del kit CARAL SOLAR 3000 se puede producir, para usuarios que consumen entre 500 y 1000 soles, como es el caso del salón, cuyo cálculo de consumo se realiza en la tabla 14, un ahorro de aproximadamente S/. 2516.96 anuales (o S/. 209.75 mensuales).

De acuerdo con la empresa proveedora de servicios ENEL, el costo de 1 kWh para usuarios que consumen entre 31 y 100 kWh, tal como el centro educativo del presente trabajo de investigación el cual consume 43.84 kWh en su totalidad, es de S/.0.6697.

Tabla 14. Cálculo del consumo mensual de electricidad del aula No 06

S/. / kWh (ENEL)	S/0.6697
No horas de uso diario	8
No de días de uso/mes	24
Kwh consumidos	4.18
Costo energético mensual	S/537.47

Fuentes: Catálogo de Intelligenio, 2020

Esto significa que un consumo de energía de aproximadamente S/. 537.47 disminuiría a S/. 327.72.

$$\frac{S/.17862.84}{\frac{S/.209.75}{1 \text{ mes}}} = 85.16 \text{ meses} \approx 7.1 \text{ años para recuperar la inversión inicial}$$

Esta disminución del costo significaría que la inversión adicional realizada para la obtención e instalación del kit solar pueda ser recuperada en aproximadamente 7 a 8 años, teniendo en cuenta que el tiempo de vida de los paneles solares es de 25 años y el

de una institución educativa es superior a esta, estando diseñada para tiempos mayores a 50 años.

4.6. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impactos es una de las herramientas para identificar los impactos en las distintas actividades u operaciones con el fin de evitar efectos negativos y poder mitigarlos si es el caso. Por ello, el uso de paneles solares generara impactos en la parte de instalación y mantenimiento por lo que se debe evaluar e identificar para seguir con la Resolución Ministerial N°052-2012-MINAN donde el Art. 3 especifica que cualquier proyecto u actividad debe seguir los protocolos de cuidado ambiental y requiere un estudio ambiental preliminar.

El principal es objetivo de esta evaluación es identificar los impactos y mitigarlos si es el caso.

4.6.1. Identificación de medios y actividades

La instalación de los paneles solares del proyecto está ubicada en la zona costera y los medios afectados serán:

Medios:

Físico: involucra al clima, temperatura, precipitación, humedad

Cultural: aprendizaje del uso del panel solar

Socio-económico: ahorro de costo

Actividades:

Instalación de panel solar

Uso del panel solar

Mantenimiento

Para mayor entendimiento para la identificación de actividades se realizará un diagrama de flujo con el fin de hallar los input y output.

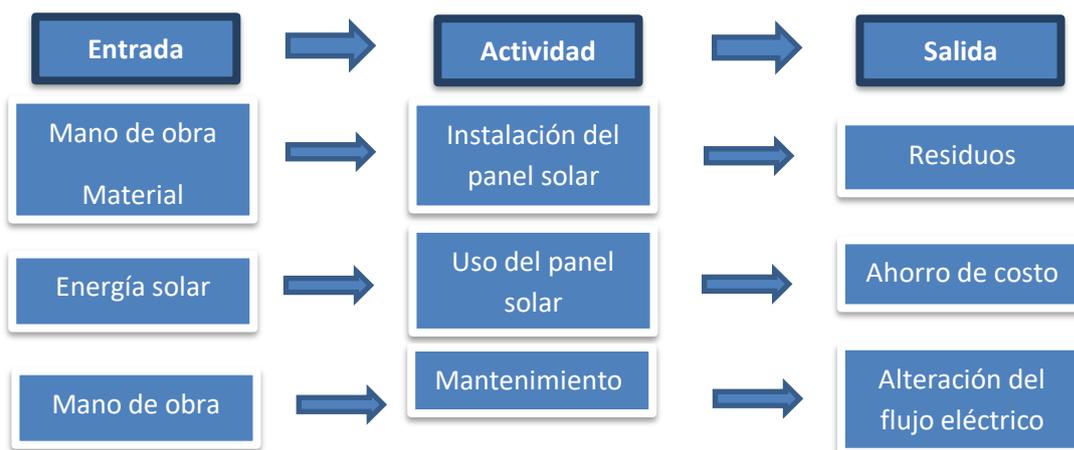


Figura 41: Diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Identificación de impactos

Para la identificación es necesario realizar una relación entre causa efecto que se puede determinar mediante el uso de la matriz de identificación de impactos.

Tabla 15: Matriz de identificación

Medio	Componentes	Actividad	Instalación de panel solar	Uso del panel solar	Mantenimiento	Número de impactos
		Factores				
Físico	Clima	Radiación solar	0	1	1	2
Cultural	Habitantes	Aprendizaje	1	1	1	3
Socio económico	Económica	Costo de instalación	1	0	1	2
		Ahorro de costos	0	1	0	1
Número de impactos por acciones			2	3	3	
Total			8			

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de impactos para el uso de paneles solares es de 8 para los distintos medios y acciones.

4.6.3. Cribado de impactos

Es necesario diferenciar los impactos significativos de los impactos mínimos ya que los primeros tendrán mayor resalte al momento de realizar la valoración. En la tabla de detalla para cada factor, los impactos con mayor significado y el porcentaje que equivale.

Tabla 16: Cribado de los impactos

Factor	Impactos	Impacto totales	Impactos significativos	Porcentaje de impactos significativos
Radiación solar	Energía solar que adquiere los paneles	2	1	50 %
Aprendizaje	El funcionamiento para el colegio	3	3	100 %
Costo de instalación	Costo de materiales y equipos	2	2	100%
Ahorro de costos	Ahorro del monto del flujo de energía	1	1	100%
Total de impactos significativos			7	

Fuente: Elaboración propia

Del cribado de los impactos se obtuvo 7 impactos significativos que deben ser valorados para obtener la importancia y el efecto al ambiente.

4.6.4. Valoración de los impactos

Antes de realizar la valoración es necesario generar la matriz de importancia para cada uno de los impactos significantes, los puntos con mayor relevancia a calcular son el signo, la acumulación, extensión, intensidad, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad, momento y efectividad.

Tabla 17: Matriz de importancia de los impactos

Actividad	Impacto	Signo	Acum.	Ext.	Int.	Persis.	Revers.	Recup.	Period.	Moment.	Efec.	Valor
Instalación del panel solar	El funcionamiento para el colegio	+	4	6	1	2	3	4	2	3	2	+27
	Costo de materiales y equipos	-	3	2	1	4	4	3	1	2	2	-22
Uso del panel solar	Energía solar que adquiere los paneles	+	2	2	1	3	2	2	1	1	2	+16
	El funcionamiento para el colegio	+	4	6	1	2	3	4	2	3	2	+27
	Ahorro del monto del flujo de energía	+	6	3	1	3	4	4	2	3	2	+28
Mantenimiento	El funcionamiento para el colegio	+	4	6	1	2	3	4	2	3	2	+27
	Costo de materiales y equipos	-	3	2	1	4	4	3	1	2	2	-22

Fuente: Elaboración propia

Contabilidad de los impactos negativos y positivos para realizar la comparación se realizará con la tabla y figura que se muestran a continuación.

Tabla 18: Valoración final

Impactos	Importancia
Positivo	+125
Negativo	-44
Valoración	+81

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la valoración muestra que la implementación de los paneles solares genera impactos positivos al ambiente con un valor positivo de 81 en su valoración total y con un grado alto con respecto a los impactos negativos.

4.6.5. Mitigación de impactos

Para los impactos negativos que se encuentran en el proceso de instalación del panel solar, el uso de materiales y herramientas puede generar residuos sólidos que pueden ser mitigados fácilmente mediante el uso del reciclaje y luego eliminación del material de tal forma que no afecte al entorno. Este proceso de reciclaje puede seguir las normas de orden y limpieza que sigue la construcción y se puede mantener en la actividad de mantenimiento.

5. Resultados y discusión

5.1. Comparación técnica entre los de los dos tipos

Ambos sistemas han sido diseñados para proveer de manera continua la energía eléctrica necesaria. En el caso del sistema convencional, como viene de una empresa distribuidora la energía eléctrica está disponible todo el día, por el otro lado, el sistema On grid con baterías ha sido diseñado para que en caso de corte de energía o si simplemente si queremos reducir el aporte energético de la empresa distribuidora al aula y así reducir el costo a pagar por el servicio, las baterías han sido seleccionadas para mantener funcionando el aula por al menos 8 horas.

Sistema Convencional

Ventajas

- En la generación de energía por centrales hidroeléctricas se tiene en promedio una alta eficiencia (entre 75% y 90%). Es decir, aprovecha gran parte de la energía potencial y cinética del agua para proveer de energía eléctrica a la red de distribución. (Hernaldo Saldías, 2008)
- La vida útil de los componentes que componen el sistema de distribución convencional desde la acometida hasta el tablero de distribución es bastante larga y como trabajan con baja tensión muy difícil que sufran desperfectos.
- Los componentes del sistema de distribución de energía no tienen un alto costo, al contrario, debido a la masificación del servicio son muy accesibles a la mayoría de la población.
- De fácil acceso en las zonas urbanas.

Desventajas

- Las variaciones en el caudal de las cuencas donde están instalados las centrales hidroeléctricas puede variar la cantidad de energía producida en la red de distribución.
- De difícil acceso en zonas rurales.
- En caso de algún corte en la red de distribución no se cuenta con energía.

Sistema de generación por paneles fotovoltaicos On grid

Ventajas

- En caso de algún corte en la red de distribución, las baterías proveen la energía eléctrica necesaria.
- Puede ser instalado en zonas rurales también, solo es necesario llevar los equipos necesarios
- No emiten gases de efecto invernadero ni de otro tipo.
- Dado que no tiene partes móviles, los costos de mantenimiento son mínimos. Solo requieren limpieza de los paneles.

Desventajas

- Dependen de la radiación solar que llegue a la zona
- La eficiencia de los paneles fotovoltaicos baja, alrededor del 20% en promedio. Esto representa un problema pues necesitaremos más área para la instalación de más paneles cuando queramos generar grandes cantidades de energía como en una central hidroeléctrica. (Saldías, 2008)
- Los costos iniciales para la implementación de un sistema de generación de energía con paneles fotovoltaicos On grid son mayores a que el sistema convencional.

5.1.1. Tiempo de instalación (Cronograma)

La instalación de ambos sistemas si se cuenta con los materiales ya en el lugar es rápida, se propondrá los siguientes cronogramas para cada sistema.

Sistema Convencional

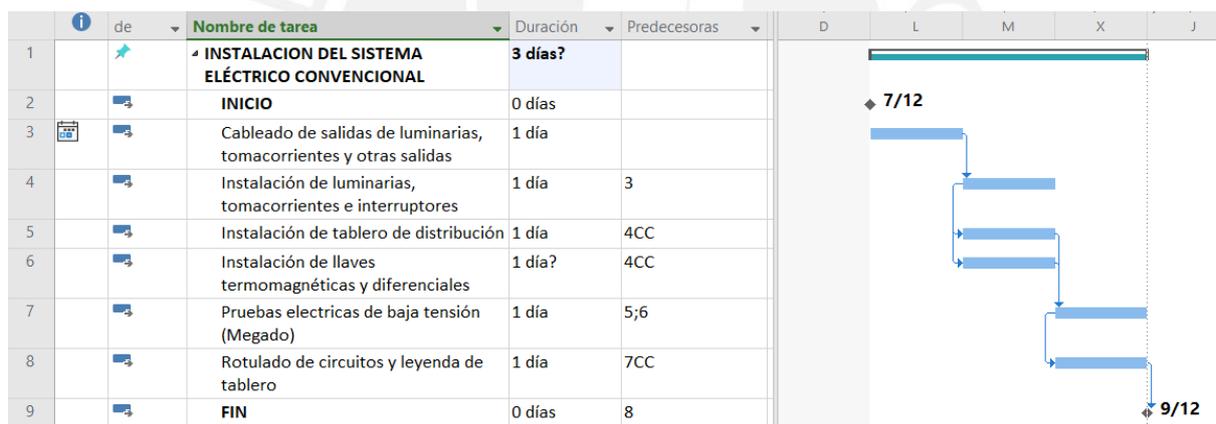


Figura 42: Cronograma de un sistema convencional

Fuente: Elaboración propia

Sistema de paneles fotovoltaicos On grid

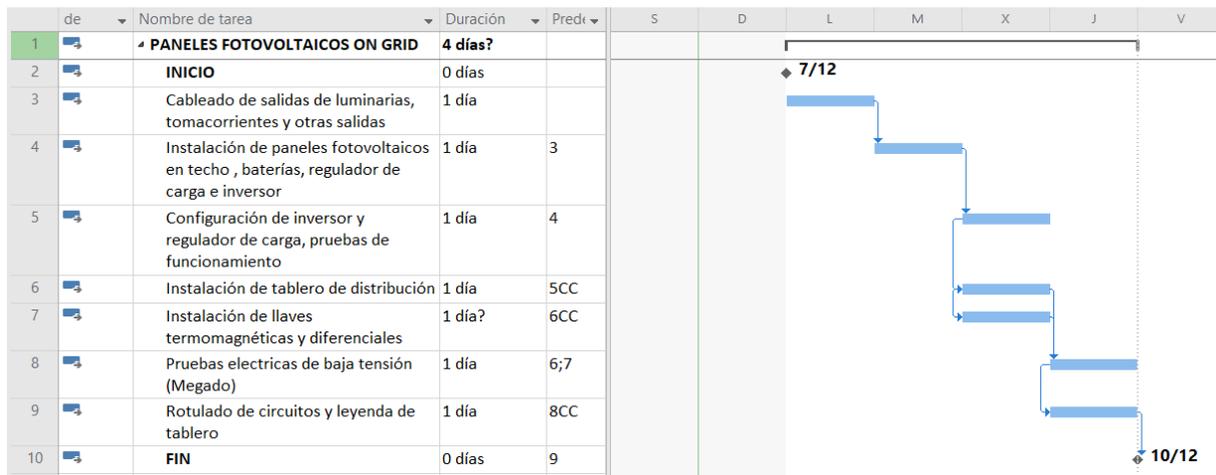


Figura 43: Cronograma de un sistema de paneles fotovoltaico On grid

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Durabilidad (Duración, mantenimiento, rendimiento)

Ambos sistemas cuentan con larga duración, se explicará a continuación en el siguiente cuadro comparativo:

Tabla 19: Comparación del sistema de generación eléctrica

SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA				
	CONVENCIONAL		PANELES FOTOVOLTAICOS ON GRID	
	VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Duración	Larga duración de los equipos que conforman el sistema. Ante falla de algún equipo, el reemplazo de este es a un precio accesible.	-	Larga duración de los equipos que forman el sistema.	Ante la falla de un equipo importante (inversor, regulador de carga, batería, panel solar), el reemplazo del equipo tiene costo elevado
Mantenimiento	Mínimo, limpieza de equipos y megado de cables anual.	-	Mínimo, limpieza de paneles y configuración preventiva de equipos periódicamente.	La configuración debe realizarse por personal capacitado.
Rendimiento	El sistema de generación por centrales hidroeléctricas tiene una eficiencia entre el 70% y 90%.	-	-	Los paneles solares actualmente solo llegan a una eficiencia de 20%.

Fuente: Elaboración propia

5.2. Comparación del costo en ambos casos

Para esta comparación, por un lado, tendremos a la instalación eléctrica convencional, que es la que todos usamos en el país, la cual requiere de cableado y aparatos eléctricos para su correcto funcionamiento. A continuación, en la tabla 20, se muestra el detalle del costo total de instalación eléctrica convencional para nuestro caso de estudio.

Tabla 20. Costo del sistema eléctrico convencional en el aula No 06.

Costo de Instalación Eléctrica Convencional en el Aula No 06				
Concepto	Unidad	Metrado	Precio Unitario S/.	Parcial S/.
SALIDAS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
SALIDA PARA ALUMBRADO	und	1	S/99.49	S/99.49
SALIDA PARA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA	und	4	S/94.58	S/378.31
SALIDA PARA INTERRUPTOR SIMPLE	und	1	S/22.55	S/22.55
SALIDA PARA INTERNET	und	1	S/139.68	S/139.68
SALIDA PARA PROYECTORES	und	1	S/1,665.83	S/1,665.83
SALIDA PARA DETECTORES DE HUMO	und	1	S/121.59	S/121.59
LUMINARIAS				
FLUORESCENTES LED DOBLE	und.	2	S/96.84	S/193.67
LUZ DE EMERGENCIA LED OPALUX	und.	2	S/103.07	S/206.14
CONECTORES				
ALAMBRE 1 X 2.5 mm ² TW	m	60.17	S/10.45	S/628.51
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN				
TABLERO DE DISTRIBUCION	und	1	S/284.78	S/284.78
LLAVES TERMOMAGNÉTICAS Y DIFERENCIALES				
LLAVE TERMOMAGNETICA 2X10A	und	2	S/39.92	S/79.84
LLAVE TERMOMAGNETICA 3X15A	und	1	S/52.63	S/52.63
LLAVE DIFERENCIAL 2X25A	und	1	S/141.61	S/141.61
Costo Directo				S/4,014.64
13.88%	Gastos Generales			S/557.23
6.12%	Utilidad			S/245.70
Subtotal				S/4,817.56
18%	IGV			S/867.16
Total				S/5,684.72

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del costo total se tomó en cuenta el costo directo para el que se consideraron las salidas para instalaciones eléctricas, luminarias, conectores, tablero de distribución y llaves termo-magnéticas y diferenciales. Además, se consideraron los gastos generales, utilidades y el IGV. Finalmente, el costo total de instalación eléctrica convencional para el caso de estudio es de 5684.72 soles.

Por otro lado, tenemos a la instalación eléctrica convencional más la instalación del sistema solar a lo que se le conoce como un sistema On-Grid. El costo total de la instalación eléctrica convencional fue hallado anteriormente y el costo total de la instalación del sistema solar fue hallado en el ítem 4.4. En la tabla 21 se puede apreciar ambos montos totales para el caso de estudio y también se muestra que el costo inicial se cuadruplica si se incluye el kit solar.

Tabla 21. Costo de la inversión total del Sistema Eléctrico Convencional + Solar

Concepto	Precio Incluido IGV
Costo de sistema eléctrico convencional	S/5,684.72
Costo de Sistema de Electricidad Solar	S/. 17862.84
Inversión Sistema Eléctrico Convencional + Solar	S/23547.56
<u>Inversión Sistema Eléctrico Convencional + Solar</u> Inversión Sistema Eléctrico Convencional	4.14

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 21 podemos obtener que el costo del sistema eléctrico convencional más el solar es 4.14 veces el sistema eléctrico convencional, pero esto solo es la evaluación de la inversión inicial.

Finalmente, con lo hallado anteriormente en el ítem 4.5 podemos decir que si bien la inversión inicial del segundo caso es más alta con respecto al primero a largo plazo el segundo caso recupera la diferencia de inversión inicial adicional en un periodo de 85 meses. Después de dicho periodo el sistema le generará ahorros de aproximadamente el 40% en sus consumos mensuales y dado que la vida útil del sistema solar es aproximadamente 25 años, este sistema resulta beneficioso a largo plazo. A continuación, en la figura 44 se aprecia el comparativo entre costos de los dos casos y el mes en el cual el segundo caso recupera lo invertido adicionalmente al principio.

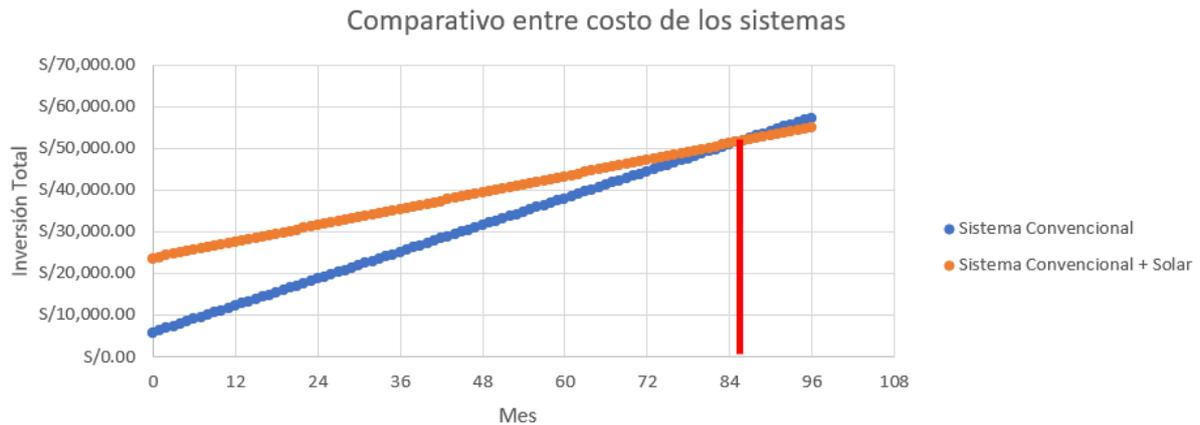


Figura 44: Comparativo entre costo de los sistemas evaluados en el tiempo.

Fuente: Elaboración propia

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

- Utilizar cada vez más los recursos naturales como el caso de la luz solar conllevará a un mejor desarrollo y rentabilidad a largo plazo. Su abastecimiento al inicio, talvez, no será al 100% del proyecto, pero si puede ir abarcando ambientes específicos como lo viene haciendo el uso del gas natural.
- Como se pudo apreciar la diferencia de costo adicional en la inversión inicial cuando se opta por usar un sistema convencional y paneles solares se recuperará aproximadamente en 85 meses y luego de esto empezará a generar ahorros de casi 50% de lo que se pagaría por consumo si se tuviera un sistema convencional solo. Es decir, el primer sistema mencionado es económicamente factible y más favorable, pero a largo plazo.
- En el ámbito ambiental, se determinó que la instalación de panel solar genera impactos positivos según la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) con una valoración alta. Es decir, los paneles solares no afectan al ambiente en la instalación y en su uso.
- Con el aumento de la producción y utilización de paneles solares en el mundo, los precios de estos tendrán una tendencia a bajar, de tal forma que serán más accesibles económicamente, por lo cual la inversión inicial tenderá a ser cada vez menor y será más demandado en proyectos de construcción civil dentro de la especialidad de

instalaciones eléctricas, lo cual hace muy importante la especialización en el diseño y procesos de instalación de sistemas de generación eléctrica mediante la energía solar.

- El tiempo de instalación es de 3 días para el sistema convencional y de 4 días para el sistema de paneles fotovoltaicos on grid. Estos tiempos son muy parecidos, por lo cual, para escoger alguno de estos sistemas debemos tener en cuenta la huella de carbono de cada sistema, el costo u otros parámetros de comparación para optar por alguno de los sistemas.
- Los paneles fotovoltaicos en el sistema on grid pueden abastecer un aula de un colegio, según el diseño propuesto. Además, la energía generada podría utilizarse para disminuir el consumo de otras áreas del colegio y así bajar el consumo de la red de la empresa distribuidora y bajar el monto de consumo por el servicio.

6.2. Recomendaciones

- El uso de la energía solar debe ser más fomentada y promocionada como un buen abastecimiento eléctrico para así poder incitar a que muchos más opten por implementar este sistema y deje de ser un tema desconocido.
- Al optar por un sistema convencional más los paneles solares se tiene que tener en consideración que es un sistema nuevo y que solo los técnicos especializados saben el manejo y el mantenimiento de este; por ende, se recomienda que se solicite capacitaciones al personal encargado del mantenimiento del colegio para que ellos puedan tener conocimientos básicos y poder monitorear constantemente el sistema.
- Resulta importante la capacitación y especialización de ingenieros y técnicos en temas de funcionamiento, producción e instalación de equipos de generación de energía eléctrica proveniente de la energía solar, debido a una mayor demanda de utilización a nivel global y local, con la finalidad de garantizar diseños, procedimientos de instalación, instalación y mantenimiento adecuados a las necesidades de los usuarios.
- El uso de los paneles solares, además de ser una alternativa económica, es ecológica lo cual muestra su alto desempeño para evitar la contaminación en el ambiente por lo que es recomendable su uso en especial para colegios donde su uso es para iluminación y tomacorrientes. Asimismo, ayuda a aumentar sus estándares ecológicos el cual puede servir para obtener certificados de sostenibilidad ya que la energía eléctrica por el uso de los paneles solares es recomendable por las asociaciones ambientalistas.

- Se recomienda buscar incentivos para que los paneles fotovoltaicos sean más usados en nuestro país, para lo cual se propone copiar el modelo de países como Chile que tienen regulador y normado la generación de energía solar. En ella indica, que, si la energía generada en exceso es inyectada a la red de suministro de energía de la empresa distribuidora, la empresa debe pagar al usuario por la energía generada.



7. Bibliografía

- ACCIONA. (2020). ¿QUÉ ES LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y CÓMO FUNCIONA?
<https://www.accion.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- Autosolar. (2017). ¿Qué diferencia existe entre los paneles solares térmicos y los paneles fotovoltaicos? <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-diferencia-existe-entre-los-paneles-solares-termicos-y-los-paneles-fotovoltaicos>
- (2001). Obtenido de SUTEECEA: <http://suteecea.org.pe/noticias/historia-de-la-electricidad-en-lima>
- COES-SINAC . (7 de Noviembre de 2020). *Estadísticas de Operación 2019*. Obtenido de <https://www.coes.org.pe/Portal/publicaciones/estadisticas/estadistica2019#>
- Comisión Investigadora de los Delitos Económicos y Financieros. (2002). *La privatización de ELECTROLIMA*. Lima.
- Delta Volt SAC. (7 de Noviembre de 2020). *Energía Hidroeléctrica, Energía tradicional del Perú*. Obtenido de <https://deltavolt.pe/energia-renovable/renovable-peru>
- Hernaldo Saldías, H. U. (2008). *Evaluación comparativa de centrales de generación de energías renovables mediante la aplicación de la nueva ley de energías renovables recientemente aprobada en Chile*. Santiago: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE. ESCUELA DE INGENIERIA. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA.
- Intelligenio. (2020). *Catálogo de soluciones solares 2020 v2*. Lima: Intelligenio.
- Navarro Rayas, S. (2011). *Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples*. Guadalajara: CIMAV.
- Pérez Ortega, S. G. (2019). *Factibilidad técnica, económica y social de instalaciones eléctricas solar fotovoltaicas para el consumo doméstico de la localidad de "El Vallecito" - Cuzco*. Lima: PUCP.
- Proyecto EnDev/GIZ. (2013). Texto Base para formación ocupacional en Instalaciones de Sistemas Fotovoltaico Domiciliarios. *Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario*, 9-42.
- PUCP. (20 de Noviembre de 2018). *Diseño eléctrico en instalaciones en edificaciones*.
- ROJAS, X. R. (2017). *EMPRESAS ESTATALES PERUANAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA BAJO LA MIRA: UN ANÁLISIS DESDE EL PRINCIPIO DE SUBSIDIARIEDAD*. Lima: PUCP.
- Sanabria Orozco, A. F. (2013). *Análisis Costo/Beneficio de la implementación de tecnologías de energía con paneles solares en la sede Hospital San Cristóbal*. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Sánchez Pacheco, C. (2010). *Sistema de energía solar fotovoltaica aplicados a viviendas residenciales en entorno urbano*. Andalucía: UNIA.
- Tecnología e Innovación Paraguaya S/A. (7 de Noviembre de 2020). *Energía Limpia PY*. Obtenido de <https://medium.com/@EnergiaLimpiaPY/energ%C3%ADa-solar-la-diferencia-entre-on-grid-y-off-grid-8e88687b10e>

8. ANEXOS



USUARIO: D:\disco_e\Proyecto_Integrador_Investigación\2-GRUPO19-PLANO_INVESTIGACIÓN.dwg - 12/8/2020 5:41 p. m.

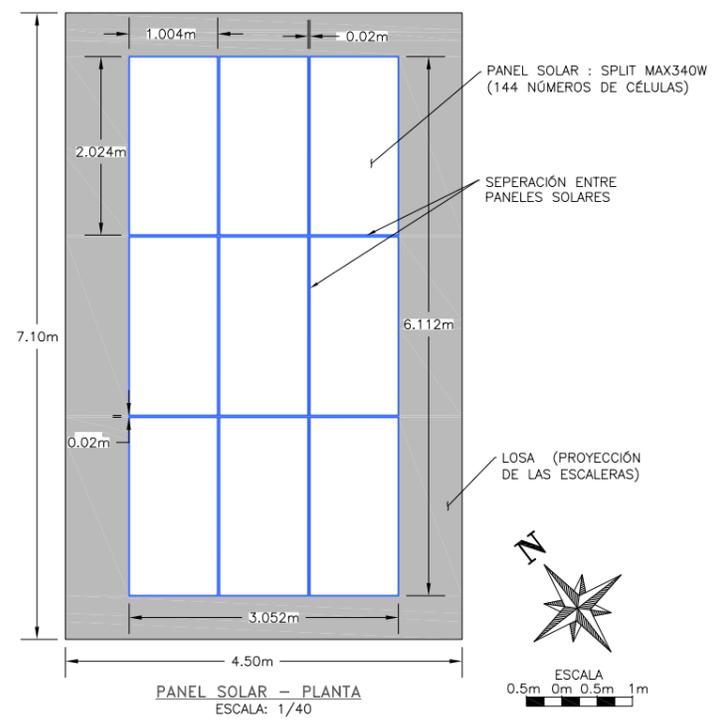
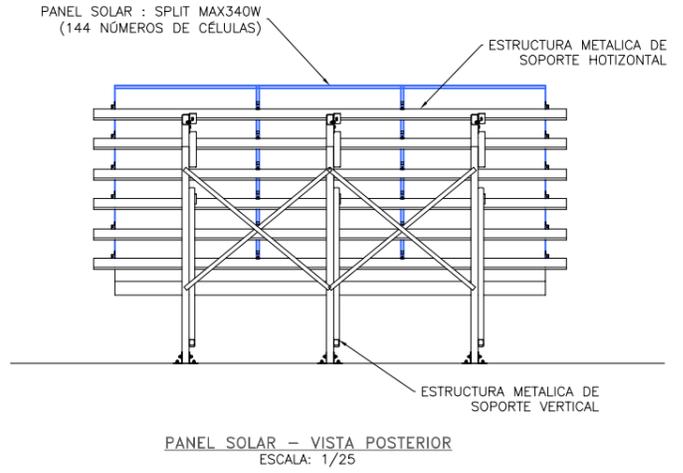
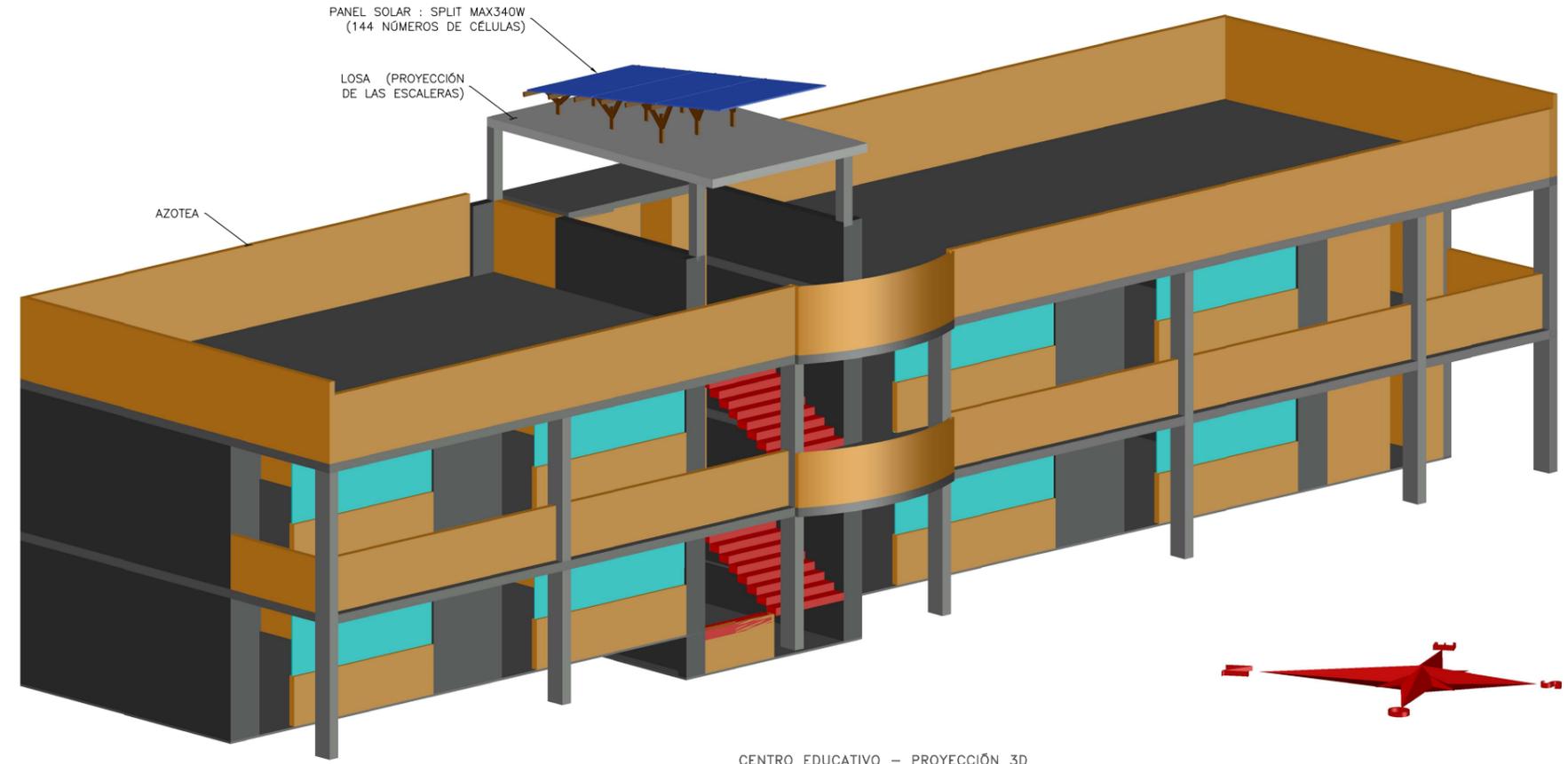
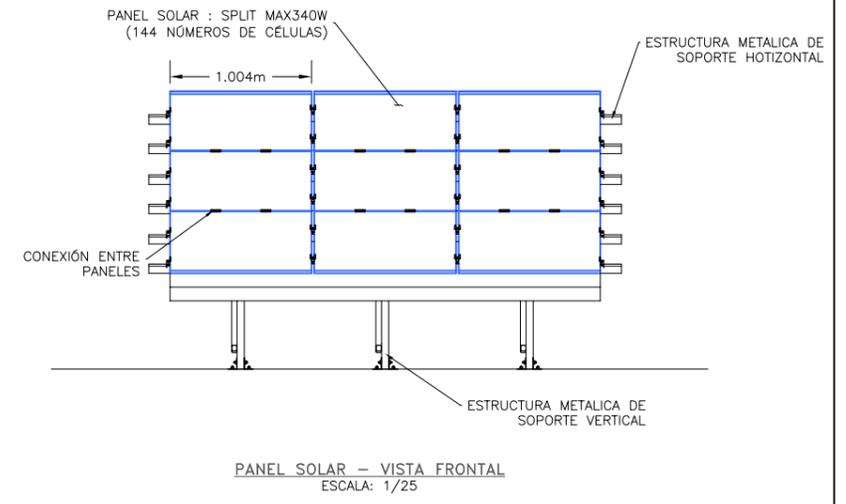
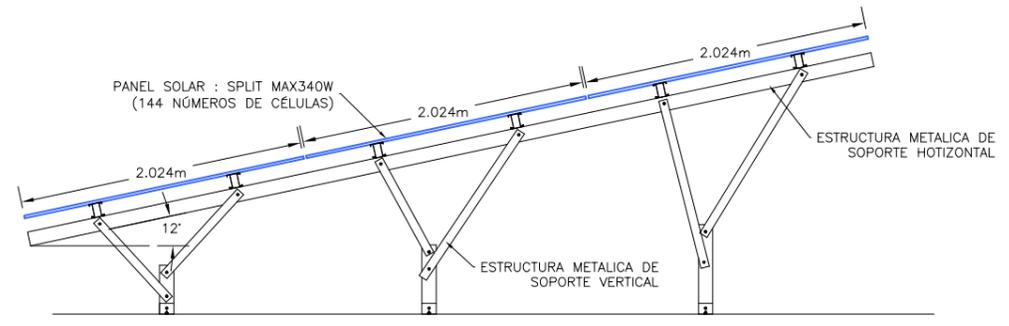


TABLA N:1 - PARAMETROS GENERALES

ÁREA TECHADA DE LA PROYECCIÓN DE ESCALERA	22.5 m2
ÁREA DE LOS MÓDULOS DEL PANEL SOLAR	18.65 m2
CANTIDAD DE MÓDULOS	8
POTENCIA	340 WP
MARCA DEL PANEL SOLAR	SPLIT MAX340W
ÁNGULO DE INCLINACIÓN	12°
RUMBO	N40°E



- NOTAS:**
1. LAS ESCALAS MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A3.
 2. TODO CÁLCULO SERÁ COLOCADO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

NUMERO DE PROYECTO: 001		PREPARADO PARA:		
FECHA	DESCRIPCIÓN	PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ
12/2020	PROPUESTA	GRUPO 19	TORRES	TORRES

PREPARADO POR:

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

PREPARADO POR:

AGCYC GROUP 19

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 2020 - 2	
PROPUESTA DE PANEL SOLAR	
UBICACIÓN: PUENTE PIEDRA, LIMA	LAMINA: A-01