

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Estudio e implementación de un sistema  
fotovoltaico para la electrificación de la institución  
educativa pública N.° 20956 - 6 del anexo de  
Chaucha, Tomas, Yauyos,  
Lima**

Felix Ernesto Narvaez Ojeda

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# Tesis Elec

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	13%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repository.unad.edu.co">repository.unad.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1%

10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Florida International University Trabajo del estudiante	<1 %
14	1pdf.net Fuente de Internet	<1 %
15	1library.co Fuente de Internet	<1 %
16	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
19	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
20	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to 97488 Trabajo del estudiante	<1 %

22	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://publicaciones.usanpedro.edu.pe">publicaciones.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://repositoriodemo.continental.edu.pe">repositoriodemo.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
26	Submitted to UNIBA Trabajo del estudiante	<1 %
27	<a href="http://de.slideshare.net">de.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://m.repositorio.unj.edu.pe">m.repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://www.theibfr.com">www.theibfr.com</a> Fuente de Internet	<1 %
30	Osornio Morales Mabel Anahí, Reyes Iturbide Alfredo Ricardo. "Diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la unidad acuícola experimental de la FES Zaragoza", TESIUNAM, 2015 Publicación	<1 %
31	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1 %

---

32	Submitted to Universidad de Jaén Trabajo del estudiante	<1 %
33	Submitted to University of Wales central institutions Trabajo del estudiante	<1 %
34	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://vbook.pub">vbook.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
37	Torres Torres María de los Ángeles. "Propuesta de factibilidad técnica y económica para una desaladora de ósmosis inversa utilizando energía renovable solar fotovoltaica en el municipio de los Cabos en Baja California Sur", TESIUNAM, 2021 Publicación	<1 %
38	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
39	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co">repositoriodspace.unipamplona.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

---

41	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	<1 %
44	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
46	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="http://www.icesi.edu.co">www.icesi.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
48	González Pérez Viridiana. "Proyecto de inversión, caja de ahorro", TESIUNAM, 2014 Publicación	<1 %
49	<a href="http://dspace.unl.edu.ec">dspace.unl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
50	INSIDEO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - INSIDEO S.A.C.. "PAD de la Línea de Transmisión S.E. Talara - S.E. Piura Oeste	<1 %

(L2250) en 220 kV-IGA0019467", R.D. N° 0085-2022-MINEM/DGAAE, 2022

Publicación

51

Marta Castro Giraldez. "Estudio de los espectros dieléctricos para el control de calidad de alimentos", Universitat Politecnica de Valencia, 2010

Publicación

<1 %

52

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

53

moam.info

Fuente de Internet

<1 %

54

repositorio.uax.es

Fuente de Internet

<1 %

55

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

56

riunet.upv.es

Fuente de Internet

<1 %

57

solar-energia.net

Fuente de Internet

<1 %

58

dmat.cfm.cl

Fuente de Internet

<1 %

59

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %



60	<a href="http://repositorio.cuc.edu.co">repositorio.cuc.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://repositorio.uees.edu.ec">repositorio.uees.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
62	<a href="http://repositorio.upct.es">repositorio.upct.es</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
64	<a href="http://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
65	<a href="http://repository.uamerica.edu.co">repository.uamerica.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://ribuni.uni.edu.ni">ribuni.uni.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://scdaac41539ba4550.jimcontent.com">scdaac41539ba4550.jimcontent.com</a> Fuente de Internet	<1 %
68	ENVIROPROYECT S.R.LTDA.. "DAA de la Planta Industrial Chiclayo Dedicada a la Edición de Periódicos, Revistas y Otras Publicaciones Periodísticas-IGA0012261", R.D. N° 102-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020 Publicación	<1 %
69	Garduño Hernández Monserrat. "Las relaciones públicas como herramienta para la	<1 %

# gestión de proyectos artísticos independientes", TESIUNAM, 2013

Publicación

---

70 [repositorio.ulasamericas.edu.pe](https://repositorio.ulasamericas.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

71 [repositorio.upao.edu.pe](https://repositorio.upao.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

72 [rraae.cedia.edu.ec](https://rraae.cedia.edu.ec) <1 %  
Fuente de Internet

---

73 [www.dspace.espol.edu.ec](http://www.dspace.espol.edu.ec) <1 %  
Fuente de Internet

---

74 [www.scribd.com](https://www.scribd.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

75 CESEL S A. "Primera MEIA de la Unidad Minera Casapalca-IGA0000614", R.D. N° 188 -2019-SENACE-PE/DEAR, 2020 <1 %  
Publicación

---

76 Dayana Naiyerling Galvís-Villamizar, Oscar Manuel Duque-Suárez, July Andrea Gómez-Camperos. "Photovoltaic solar energy in Colombia", International Journal of System Assurance Engineering and Management, 2022 <1 %  
Publicación

---

77 "Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos <1 %

78

Proceedings of ISES World Congress 2007 (Vol I – Vol V), 2009.

Publicación

<1 %

---

79

Pedro Pires(Pedro Mortágua Velho da Maia Soares). "Etapas e tarefas da implementação da Norma NP EN ISO 9001:2008 nas Piscinas Municipais de Castro Daire [documento electrónico]", Repositório Aberto da Universidade do Porto, 2011.

Publicación

<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

## **ASESOR**

Ing. Rosario Márquez Espíritu

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios sobre todas las cosas, por haberme acompañado desde siempre en cada paso que di, llenando mi vida de felicidad y mis días de dicha, por haberme dado la fuerza para superar momentos complicados, y por haberme dado la sabiduría de aprender de mis errores.

A mis padres, por haberme apoyado incondicionalmente, por su tiempo y amor, por no haber perdido la confianza depositada en mí.

A la Ingeniera Rosario Márquez Espíritu, por haber aceptado asesorarme en este proceso, por el tiempo que le dedica y por brindarme sus conocimientos para la elaboración del presente trabajo de investigación.

A cada uno de mis amigos y amigas, quienes me dieron su apoyo y motivación en todo momento.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a nuestro Padre Celestial, a mis papás, a mis hermanos, amigos y amigas que me apoyan en todo momento para ser una persona mejor.

# ÍNDICE

<b>ASESOR</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>ÍNDICE</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	2
1.1.2.1. Problema general.....	2
1.1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo general .....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.3.1. Justificación teórica .....	3
1.3.2. Justificación metodológica .....	3
1.3.3. Justificación social.....	4
1.3.4. Justificación económica .....	4
1.3.5. Importancia .....	4
1.4. Hipótesis y descripción de variables .....	4

1.4.1.	Hipótesis general.....	4
1.4.2.	Hipótesis específicas.....	5
1.4.3.	Descripción de variables .....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>		<b>7</b>
2.1.	Antecedentes del problema.....	7
2.1.1.	Antecedentes nacionales .....	7
2.1.2.	Antecedentes internacionales .....	10
2.2.	Bases teóricas .....	15
2.2.1.	Generación fotovoltaica.....	15
2.2.2.	Funcionamiento del sistema fotovoltaico .....	18
2.2.3.	Origen de los paneles solares.....	19
2.2.4.	Potencial de la energía solar fotovoltaica .....	20
2.2.5.	Radiación solar .....	22
2.2.6.	Radiación solar: formas de determinarla .....	28
2.2.7.	Mapa de radiación solar del Perú y del departamento de Lima.....	34
2.2.8.	Radiación: datos obtenidos de NASA.....	37
2.2.9.	Energía solar: ventajas y desventajas .....	41
2.2.10.	Central eléctrica fotovoltaicas en el Perú.....	42
2.2.11.	La energía fotovoltaica en el Perú .....	46
2.2.12.	Componentes de un sistema fotovoltaico .....	47
2.2.13.	Voltaje, corriente y potencia .....	79
2.3.	Definición de términos básicos.....	80
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>		<b>83</b>
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	83
3.1.1.	Método .....	83
3.1.2.	Alcance de la investigación .....	83
3.1.3.	Tipo de investigación.....	84
3.2.	Diseño de la investigación .....	84



3.3.	Población y muestra .....	84
3.3.1.	Población .....	84
3.3.2.	Muestra .....	84
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	85
3.4.1.	Entrevista .....	85
3.4.2.	Ficha de toma de datos .....	86
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>87</b>
4.1.	Presentación de resultados .....	87
4.1.1.	Condiciones del lugar .....	87
4.1.2.	Ubicación del sistema de generación fotovoltaica.....	90
4.1.3.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	91
4.1.4.	Ubicación del sistema fotovoltaico en la Institución Educativa .....	101
4.1.5.	Características del sistema fotovoltaico.....	104
4.1.6.	Proceso de instalación del sistema de generación fotovoltaico.....	105
4.1.7.	Costo del proyecto.....	107
4.1.8.	Estudio financiero - económico: .....	113
4.2.	Discusión e interpretación de resultados .....	122
4.2.1.	Prueba de hipótesis .....	122
4.2.2.	Discusión de resultados .....	127
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>131</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>133</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>134</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>138</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema fotovoltaico.....	16
Figura 2. Esquema de un SFCR.....	17
Figura 3. Sistema fotovoltaico autónomo.....	17
Figura 4. Sistema de bombeo con depósito elevado. ....	18
Figura 5. Irradiación espectral.....	22
Figura 6. Distribución espectral de longitudes de onda en la zona visible. ....	22
Figura 7. Proporción de radiación solar. ....	23
Figura 8. Pirheliómetro de primera clase Kipp Zonen. ....	24
Figura 9. Piranómetro Kipp - Zonen.....	25
Figura 10. Piranómetro.....	26
Figura 11. Pirgeómetro Eppley. ....	27
Figura 12. Piranómetro de UVB de Kipp - Zonen.....	28
Figura 13. Declinación solar.....	29
Figura 14. Coordenadas geográficas.....	30
Figura 15. Mapa de radiación solar - Perú.....	35
Figura 16. Mapa de radiación solar - Lima. ....	36
Figura 17. Radiación directa según NASA. ....	38
Figura 18. Radiación solar de los últimos 5 años - NASA.....	39
Figura 19. Radiación promedio mensual (kWh/m <sup>2</sup> - año).....	41
Figura 20. Datos técnicos de la Central Intipampa.....	42
Figura 21. Datos técnicos de la Central Rubí. ....	43
Figura 22. Datos técnicos de la Central Moquegua FV.....	43
Figura 23. Datos técnicos Central Panamericana Solar.....	44
Figura 24. Datos técnicos Central Solar Majes. ....	44
Figura 25. Datos técnicos Central Repartición 20T.....	45
Figura 26. Datos técnicos Central Tacna Solar. ....	45
Figura 27. Células solares.....	48
Figura 28. Lingote de silicio multicristalino. ....	49
Figura 29. Diferentes tecnológicas de células solares. ....	50
Figura 30. Células de silicio amorfo. ....	51
Figura 31. Célula de silicio monocristalino.....	52
Figura 32. Curva característica tensión - corriente - potencia de un módulo fotovoltaico. ....	54
Figura 33. Variación Curva V - I con la radiación. ....	57

Figura 34. Variación rendimiento con la temperatura.....	57
Figura 35. Conexión en serie de paneles solares. ....	58
Figura 36. Conexión en paralelo de paneles solares. ....	60
Figura 37. Soportes de un panel solar.....	61
Figura 38. Sujeción universal.....	62
Figura 39. Capacidad vs ciclos. ....	68
Figura 40. Temperatura vs capacidad. ....	69
Figura 41. Variación de la capacidad por auto descarga. ....	69
Figura 42. Conexión en serie. ....	71
Figura 43. Conexión en paralelo. ....	72
Figura 44. Conexión serie - paralelo.....	73
Figura 45. Regulador fotovoltaico. ....	75
Figura 46. Regulador PWM.....	76
Figura 47. Inversor de voltaje.....	77
Figura 48. Lámpara DC.....	79
Figura 49. Temperatura Máxima (°C - Año). ....	88
Figura 50. Temperatura Mínima (°C - Año). ....	88
Figura 51. Institución Educativa Pública N° 20956 - 6. ....	91
Figura 52. Inclinación y Orientación de un panel solar.....	92
Figura 53. Dimensiones de los paneles solares. ....	102
Figura 54. Disposición del sistema fotovoltaico sobre el techo de la Institución. ....	103
Figura 55. Tarifa adjudicada por OSINERGMIN.....	111
Figura 56. Cronograma de actividades.....	112
Figura 57. Curva S del proyecto. ....	112
Figura 58. Ruta crítica del proyecto. ....	113
Figura 59. Gráfica de probabilidad normal.....	124
Figura 60. Comparación en los niveles de radiación (kWh/m <sup>2</sup> - año).....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables. ....	6
Tabla 2. Valores de los coeficientes del modelo Bristow-Campbell.....	33
Tabla 3. Valores de los coeficientes del modelo Ångström-Prescott. ....	34
Tabla 4. Coordenadas Geográficas del Anexo de Chaucha. ....	37
Tabla 5. Niveles de radiación según NASA. ....	37
Tabla 6. Niveles de radiación solar en los últimos 5 años. ....	38
Tabla 7. Niveles de radiación según SENAMHI. ....	39
Tabla 8. Datos de la Estación Meteorológica de Vilca. ....	40
Tabla 9. Temperatura Promedio Anual (en °C). ....	88
Tabla 10. Radiación solar 2014 - 2019 SENAMHI (kWh/m <sup>2</sup> ). ....	89
Tabla 11. Radiación solar 2013 - 2018 NASA (kWh/m <sup>2</sup> ). ....	90
Tabla 12. Comparativo SENAMHI vs NASA.....	90
Tabla 13. Equipos de la Institución Educativa. ....	93
Tabla 14. Sistema de iluminación. ....	94
Tabla 15. Demanda y energía consumida. ....	94
Tabla 16. Voltaje a elegir según la demanda. ....	95
Tabla 17. Valores de horas - sol y corriente. ....	97
Tabla 18. Datos técnicos de conductores PROMELSA. ....	101
Tabla 19. Características del sistema fotovoltaico. ....	104
Tabla 20. Energía generada por el sistema fotovoltaico. ....	104
Tabla 21. Materiales y equipos utilizados en el proyecto. ....	107
Tabla 22. Costo de materiales para puesta a tierra. ....	108
Tabla 23. Costo por traslado de materiales. ....	108
Tabla 24. Costo del montaje para el sistema fotovoltaico. ....	109
Tabla 25. Costo por mantenimiento. ....	109
Tabla 26. Costos de reposición.....	110
Tabla 27. Tabla integral de presupuesto del proyecto. ....	110
Tabla 28. Energía; costo promedio mensual y anual del sistema solar fotovoltaico. ....	110
Tabla 29. Proyección del sistema fotovoltaico.....	116
Tabla 30. Inversiones fijas del sistema. ....	116
Tabla 31. Inversiones diferidas del sistema fotovoltaico. ....	117
Tabla 32. Estado de resultados del sistema fotovoltaico. ....	117
Tabla 33. Flujo operativo del sistema fotovoltaico.....	118

Tabla 34. Flujo de inversiones del sistema.....	118
Tabla 35. Flujo de caja económico. ....	118
Tabla 36. Determinación del CPPC. ....	119
Tabla 37. Indicadores económicos. ....	119
Tabla 38. Periodo de recuperación sin financiamiento.....	119
Tabla 39. Calendarización de la deuda. ....	120
Tabla 40. Calendario de pago.....	120
Tabla 41. Flujo de caja financiero. ....	121
Tabla 42. Indicadores con financiamiento. ....	121
Tabla 43. Periodo de recuperación de la inversión. ....	121
Tabla 44. Valores para la prueba de hipótesis general. ....	122
Tabla 45. Comprobación de hipótesis. ....	124

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia. ....	139
Anexo 2. Tablas proporcionadas por SENAMHI. ....	140
Anexo 3. Plano de ubicación de Chaucha. ....	150
Anexo 4. Fotos de la ubicación del colegio. ....	151
Anexo 5. Fotos de los ambientes de la institución. ....	152
Anexo 6. Ficha de toma de datos. ....	156
Anexo 7. Simulación de la energía consumida.....	157
Anexo 8. Cotización Empresa Auto Solar Perú (2019). ....	158
Anexo 9. Cotización Empresa Panel Solar Perú (2019).....	159
Anexo 10. Cotización Empresa Global Energy Solar (2019). ....	160
Anexo 11. Cotización del mantenimiento del sistema. ....	162
Anexo 12. Cotización costo de montaje.....	163
Anexo 13. Especificaciones técnicas de suministro. ....	164
Anexo 14. Cotización puesta a tierra. ....	167
Anexo 15. Ficha técnica panel solar. ....	168
Anexo 16. Ficha técnica batería - Auto Solar (2019).....	170
Anexo 17. Ficha técnica del inversor - Hami Technology (2019).....	171
Anexo 18. Ficha técnica del regulador - Pro Star™ (2019).....	172
Anexo 19. Planos eléctricos del ambiente 01. ....	174
Anexo 20. Planos eléctricos del ambiente 02. ....	175
Anexo 21. Planos eléctricos del ambiente 03. ....	176
Anexo 22. Planos eléctricos del ambiente 04. ....	177
Anexo 23. Planos eléctricos del ambiente 05. ....	178
Anexo 24. Diagrama de carga. ....	179
Anexo 25. Diagrama unifilar. ....	180
Anexo 26. Plano de los componentes. ....	181
Anexo 27. Plano de disposición de los paneles. ....	182
Anexo 28. Plano general del colegio. ....	183
Anexo 29. Montaje e instalación. ....	184

## RESUMEN

El trabajo de investigación lleva por título “Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico para la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima” que tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de energía solar fotovoltaica para la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, Tomas, Yauyos, Lima, el cual fue corroborado mediante la prueba t para medias de dos muestras emparejadas, con un nivel de significancia del 5 %. El método empleado en este trabajo fue el científico deductivo, pues se partió de premisas, teoría, técnicas y procedimientos para obtener los resultados con validez y comprobación científica. Por otra parte, el tipo de investigación fue aplicada, pues se utilizó la investigación básica para resolver un problema en beneficio de la Institución Educativa. Asimismo, el diseño de la investigación fue experimental, pues se llevó a cabo la implementación del sistema fotovoltaico para la electrificación de la Institución Educativa.

Los resultados que se alcanzaron en el desarrollo de este trabajo fueron: la implementación del sistema de generación fotovoltaico para la electrificación de la Institución Educativa, pues el diseño fue el correcto, y el nivel de radiación que incide en la zona supera el valor mínimo establecido en las leyes y normas peruanas ( $3.5 \text{ kWh/m}^2$ ). La radiación promedio de Chaucha es de  $6.35 \text{ kWh/m}^2$ , siendo óptimo para el funcionamiento de los paneles solares. Asimismo, al tratarse de un proyecto de inversión, resulta rentable financiera y económicamente su implementación, pues su periodo de recuperación es bajo, y los indicadores (como el VAN y TIR) los respaldan.

**Palabras clave:** sistema fotovoltaico, electrificación, radiación óptima, sistema eco-amigable, implementación.

## ABSTRACT

The research work entitled "Study and implementation of a photovoltaic system for the electrification of the Public Educational Institution N° 20956 - 6 of the Chaucha Annex, Tomas district, Yauyos province, Lima" which aimed to design and implement a photovoltaic solar energy system for the electrification of the Public Educational Institution N° 20956 - 6 of the Annex of Chaucha, Tomas, Yauyos, Lima, which was corroborated by means of the t-test for means of two paired samples, with a level of significance 5 %. The method used in this work was the scientific deductive one, since it started from premises, theory, techniques and procedures to obtain valid results and scientific verification. On the other hand, the type of research was applied, since basic research was used to solve a problem for the benefit of the Educational Institution. Likewise, the research design was experimental, since the implementation of the photovoltaic system for the electrification of the Educational Institution was carried out.

The results that were achieved in the development of this work were: the implementation of the photovoltaic generation system for the electrification of the Educational Institution, since the design was correct, and the level of radiation that affects the area exceeds the established minimum value. in Peruvian laws and regulations (3.5 kWh/m<sup>2</sup>). Chaucha's average radiation is 6.35 kWh/m<sup>2</sup>, being optimal for the operation of solar panels. Likewise, as it is an investment project, its implementation is financially and economically profitable, since its recovery period is low, and the indicators (such as the NPV and IRR) support them.

**Keywords:** photovoltaic system, electrification, optimal radiation, eco-friendly system, implementation.



## INTRODUCCIÓN

En el año 1993, la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 contaba con pocos ambientes para la educación de los alumnos, a comparación de hoy en día, en el que cuentan con 5 ambientes distribuidos en salones de clase y comedor, esto debido a la llegada de más niños al Anexo de Chaucha, pues este es el poblado más céntrico en el distrito de Tomas, en la provincia de Yauyos, Lima. Con este incremento, el Ministerio de Educación implementó las aulas con pequeñas computadoras "XO", las cuales tienen funciones educativas, una impresora Epson L396, una laptop Toshiba, entre otros bienes. Adicionalmente, este Centro Educativo funciona como albergue en días donde el clima es desfavorable. Por ello, el objetivo de esta tesis fue determinar, mediante un estudio, el diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica para la electrificación de la Institución Educativa N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, Tomas, Yauyos, Lima, con la corroboración de la prueba t para dos medias de muestras emparejadas. Los objetivos específicos fueron: determinar si la radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es la suficiente para la generación de energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, y determinar la factibilidad financiera y económica de la implementación del sistema fotovoltaico en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, con un valor del VAN mayor a 0. Asimismo, las hipótesis planteadas fueron: como general, el diseño del sistema de energía solar fotovoltaica en la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es la correcta, pues la probabilidad de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas es menor al nivel de significancia del 5 %. Como hipótesis específicas: la radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019 supera la radiación mínima establecida en  $3.5 \text{ kWh/m}^2$ , la cual es suficiente para la generación de energía en la Institución Educativa N° 20956 - 6, y la implementación del sistema de generación fotovoltaica es factible financiera, técnica y económicamente, porque posee lo necesario y requerido para su operación. Además, el indicador económico - financiero VAN es mayor a 0. Las variables de esta investigación son: como variable independiente "Sistema de generación Fotovoltaico", y como variable dependiente, "Electrificación". La justificación de la presente investigación fue proporcionar iluminación, electricidad y confort al colegio que se encuentra aislado de las líneas de energía, y la implementación de paneles solares como alternativa a los tipos de generación convencionales, las cuales no generan contaminación alguna.

El autor.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

La Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, dirigida por la Lic. Ana Rosa Pilar Portas Sullca (Directora encargada) se encuentra ubicada en la carretera a Yauyos - Cañete, plaza principal del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima, cuenta con 15 alumnos matriculados, entre los niveles de primero y quinto de primaria. Cuenta con 5 ambientes, distribuidos en salones de clases, comedor y habitaciones (acondicionadas para los alumnos), puesto que ellos acuden desde diferentes partes del distrito, todos ellos compuestos por anexos, donde, en ocasiones, llueve torrencialmente y cae neblina, lo cual impide que los alumnos regresen a sus hogares después de las clases. El principal problema es que no existe el servicio de electricidad, no existen redes de transmisión ni distribución cercanas a la zona, ni manera de electrificar al anexo mediante líneas. Para ello se eligió la generación de energía propia, renovable, ecológica e innovadora.

Ante este problema, nació la presente investigación titulada “Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico para la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima”, donde se implementará un sistema

de generación de energía renovable, para este caso, la energía solar fotovoltaica, a partir de un estudio previo, que será factible para la electrificación de la Institución Educativa, para la iluminación de ambientes y la alimentación de artefactos eléctricos, mejorando así su estadía en la institución durante los días en los cuales se les sea difícil volver a sus hogares debido al clima del lugar.

## 1.1.2. Formulación del problema

### 1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el diseño del sistema de energía solar fotovoltaico, para electrificar la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima en el periodo 2019?

### 1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿La radiación existente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es la suficiente para generar energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6?
- ¿Es factible, financiera y económicamente, la implementación de un sistema de energía fotovoltaico en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Diseñar el sistema de energía solar fotovoltaica para la electrificación en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019, corroborando su validez con la prueba t para medias de dos muestras emparejadas con un nivel de significancia del 5 %.

#### 1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar si la radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019 supera la radiación mínima establecida en  $3.5 \text{ kWh/m}^2$  para la generación de energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6.
- Determinar la factibilidad financiera y económica de la implementación del sistema fotovoltaico en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, con un valor del VAN mayor a 0.

#### 1.3. Justificación e importancia

##### 1.3.1. Justificación teórica

El resultado de este trabajo de investigación servirá como base para tomar en cuenta la generación de energía por otros medios como los medios renovables (en este caso, la energía solar fotovoltaica), la cual también podrá ser utilizada como "proyecto piloto" para otras entidades educativas que se encuentren aisladas o sin acceso a las líneas de transmisión.

##### 1.3.2. Justificación metodológica

Los datos, instrumentos y técnicas utilizadas en esta investigación (como las tablas 9 y 10 de radiación obtenidas de NASA y SENAMHI) podrán ser utilizadas para investigaciones futuras similares a la presente.

### 1.3.3. Justificación social

Esta investigación tiene como objetivo sustentar la implementación de energías renovables en zonas rurales aisladas donde no existan líneas de transmisión, asimismo, considerarla como alternativa de generación de energía frente a la convencional. Para este caso, se eligió la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, la cual será implementada con paneles fotovoltaicos para alimentar a diversas cargas y luminarias. Adicionalmente, esta implementación es eco-amigable, pues no genera gases de efecto invernadero, ni contamina nuestro entorno de alguna manera. Finalmente, beneficiará a la educación de los alumnos, pues facilita la realización de diversas tareas con fines educativos.

### 1.3.4. Justificación económica

El resultado de este trabajo de investigación permitirá conocer la rentabilidad y viabilidad de la ejecución de estos proyectos, y la rentabilidad en la inversión de los mismos. En las tablas 35 y 40, del Capítulo IV, se pueden apreciar detalladamente el valor de los indicadores VAN Y TIR.

### 1.3.5. Importancia

La importancia de este trabajo de investigación es impulsar el uso de energías renovables como alternativas de generación frente a las convencionales, brindando la información necesaria (información económica, técnica y financiera) para la implementación del mismo. Asimismo, servir como proyecto piloto para otras instituciones que se encuentren en el mismo estado: ser "sistemas aislados".

## 1.4. Hipótesis y descripción de variables

### 1.4.1. Hipótesis general

El diseño del sistema de energía solar fotovoltaica en la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es correcta, pues la probabilidad de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas es menor al nivel de significancia del 5 %.

#### 1.4.2. Hipótesis específicas

- La radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019 es suficiente para generar energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, pues supera la radiación mínima establecida de 3.5 kWh/m<sup>2</sup>.
- La implementación del sistema de generación fotovoltaica es factible financiera, técnica y económicamente, porque posee lo necesario y requerido para su operación. Además, el indicador económico - financiero VAN es mayor a 0.

#### 1.4.3. Descripción de variables

- Variable independiente (X): Sistema de generación fotovoltaica.
- Variable dependiente (Y): electrificación.

Para la operacionalización de las variables, se tomó como referencia al autor Ramos (1), para tener en cuenta los indicadores y dimensiones, pues se asemejan con el tema de investigación.

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<b>Variable independiente (X):</b> Sistema de generación fotovoltaica	Es una fuente renovable de electricidad que se obtiene directamente de la radiación solar a través de un dispositivo semiconductor llamado celda solar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiación solar.</li> <li>• Potencia eléctrica generada.</li> <li>• Costo del sistema fotovoltaico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de radiación solar en la zona (<math>\text{kW}/\text{m}^2</math>).</li> <li>- Nivel de generación de energía de las celdas (<math>\text{kW}</math> pico).</li> <li>- Registros de medición de radiación solar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pirómetro</li> <li>- Vatímetro</li> <li>- Registros otorgados por SENAMHI.</li> <li>- Multímetro.</li> </ul>
<b>Variable dependiente (Y):</b> Electricidad	Fuerza que se manifiesta por la atracción y repulsión entre partículas cargadas, originadas por la interacción entre los protones y electrones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de energía generada.</li> <li>• Consumo de energía eléctrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de voltaje y corriente (V y A).</li> <li>- Consumo de energía (kWh).</li> <li>- Nivel de potencia (kW).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multímetro.</li> <li>- Programa Excel.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

En la tesis titulada “Acondicionamiento para el aprovechamiento de la energía solar en la I.E. Alfonso Ugarte”, se tuvo como objetivo determinar la incidencia de la envolvente arquitectónica para captar la energía solar mediante paneles solares en edificios educativos de Huancán, alcanzando las siguientes conclusiones (2):

- Se aprovechó la integración energética y arquitectónica, los recursos humanos y naturales que existen en la zona para lograr un óptimo uso.
- Se tomó en cuenta la configuración y reglamentación de la arquitectura para el dimensionamiento y del sistema.
- El sistema a implementar tiene armonía con los elementos arquitectónicos y con el entorno natural.

En este trabajo de investigación, se dio como resultados que la energía solar fotovoltaica, implementada en los colegios, da un valor agregado y utiliza de manera óptima la radiación incidente en la zona, haciendo factible el uso de estos sistemas de generación.

En la tesis titulada “Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas”, se tuvo



como objetivo optimizar un sistema fotovoltaico para generar energía en viviendas aisladas altoandinas de los distritos de Yanacancha y San José de Quero, llegando a las siguientes conclusiones (3):

- En las viviendas alto andinas de las localidades mencionadas, la radiación solar es continúa permaneciendo en unos 5.8 a 5.9 horas picos al día y por ello, la radiación es de 5.902 kWh/día, cantidad necesaria para generar electricidad.
- La optimización se basa en los principales efectos e interacciones con la siguiente jerarquía: el primer orden es la perspectiva de elevación, seguido del azimut, luego la posición, para dos efectos dominan EP, seguido de AP y finalmente el efecto triple PAE. El efecto doble EA es menos importante, sin embargo, todas superan la línea base determinada por la metodología de diseño factorial, por lo que estas tres variables resultan significativas.

Mediante este trabajo de investigación, se corroboró que la zona andina (compuesta por la sierra central del país) es un lugar óptimo y seguro para la implementación de paneles solares, pues la radiación incidente en estas zonas es mayor que la propuesta en los reglamentos para el uso de paneles solares, superando el 3.5 kWh//m<sup>2</sup> ampliamente.

En la tesis “Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al caserío Laquipampa Bajo Incahuasi, 2017”, se tuvo como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico para generar y otorgar energía eléctrica al caserío Laquipampa, asimismo determinar su máxima demanda, alcanzando las conclusiones siguientes (4):

- La máxima demanda en dicho caserío (Laquipampa Bajo) en el año “1” es de 8.8 kW mientras que en el año “20” es de 11.65 kW. El consumo de energía en el año 1 es de 45.12 kW h/día y en el año 20 es de 51.30 kWh/día.
- Se determinó la radiación solar promedio en el caserío Laquipampa la cual indicó el mes más desfavorable con una radiación solar de 4.47 kWh/m<sup>2</sup>/día.
- El monto de inversión en la central solar es de 214 929.08 soles y en redes secundarias 72 460.98 soles. Sumando en total 287 390.1 soles.

- Se determinó que el proyecto no será viable económicamente porque el VAN es de - 201 767.1 y el TIR es de - 3 % (ambos son valores negativos).
- Se determinó que el proyecto es viable socialmente pues se tienen los valores VAN: 53 372.4 y un TIR: 18 %.

Con este trabajo de investigación, se corroboró que la implementación de paneles solares en lugares aislados es factible y viable económicamente y financieramente, pues a pesar de tener un elevado costo de inversión, el tiempo de recuperación es bajo, y la rentabilidad obtenida, alta. Asimismo, genera valor agregado a dicha comunidad.

En la tesis titulada “Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país”, se tuvo por objetivo exponer la conveniencia y viabilidad del uso de la energía solar con sistemas fotovoltaicos, para dar solución a la falta de energía en las comunidades rurales que no tienen acceso al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional. Se alcanzaron las siguientes conclusiones (5):

- El sol es considerado como un elemento energético no contaminante y renovable, es inagotable y no necesita mucho espacio para ser aprovechado. La energía solar debe ser utilizada para la generación de energía eléctrica; además, no produce residuos tóxicos que sean difíciles o imposibles de tratar.
- La utilización de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos, tiene gran acogida como energía alternativa. Se empiezan a implementar en diversos países como principal fuente de energía.
- La implementación de este sistema para generar energía es una de las mejores opciones en zonas rurales, pues no es posible hacer llegar la red de energía eléctrica convencional.
- Se realizará una capacitación técnica y sencilla en los pobladores para la utilización y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos, pues es necesario para asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas y no se vean afectadas su vida útil.

Con este trabajo de investigación, se impulsó el uso de las energías renovables como alternativa de generación frente a los sistemas

convencionales. Como conclusión, se aprecia el beneficio que estos sistemas poseen a futuro, pues, como ya se mencionó en los antecedentes anteriores, las implementaciones de los paneles conllevan una rentabilidad alta, pese a su elevado costo de inversión.

En la tesis titulada "Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del Establo GESA - Lambayeque" se tuvo como objetivo diseñar un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para incrementar la productividad del equipo de bombeo agrícola del Establo GESA, alcanzando las siguientes conclusiones (6):

- Existen muchas alternativas no convencionales para generar energía eléctrica, sin embargo, en este proyecto, se logró diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para el Establo GESA, el cual será beneficiario con el funcionamiento de electrobombas para su producción.
- Los equipos que forman parte de un sistema fotovoltaico son de fácil adquisición en el mercado nacional, con un precio accesible y acorde a la necesidad.
- El requerimiento para consumo agrícola de agua actual es de 290 litros de agua por día en el Establo GESA, más el 5 % de reserva. Es por ello que el sistema está diseñado para bombear 1000.50 litros de agua diarios.

Con este trabajo de investigación, se logró dar a conocer los beneficios que conllevan la implementación de los paneles solares en los sistemas agrícolas. Asimismo, se da a conocer a detalle los equipos utilizados para la implementación (tipo de panel, baterías, regulador e inversor de carga) disponibles en el mercado peruano.

#### 2.1.2. Antecedentes internacionales

En la tesis titulada "Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples" se tuvo como objetivo implementar un sistema de energía solar interconectado a la red, para

alimentar las luminarias en un edificio de usos múltiples en la UTZMG. Las conclusiones presentadas son (7):

- La tesis trata sobre la implementación de un sistema fotovoltaico en un edificio de usos múltiples, y destaca la importancia de utilizar la metodología y la técnica profesional adecuadas para lograr la máxima eficiencia del sistema. El estudio del sitio es fundamental para caracterizar los recursos de la localidad y del entorno, y seleccionar los dispositivos de mejor eficiencia en el mercado fotovoltaico. El sistema fotovoltaico puede ser utilizado como herramienta didáctica en la UTZMG y el sector productivo que lo requiera.
- Se llevaron a cabo estudios en el sitio con apoyo de la estación meteorológica de la UTZMG, seguidos de cálculos para elegir los dispositivos apropiados para la instalación de un sistema solar fotovoltaico. Después de la selección de los componentes, se instaló el sistema con éxito.
- Se lograron cumplir los objetivos planteados en el trabajo al llevar a cabo el estudio de viabilidad de la zona para la implementación de sistemas fotovoltaicos para el consumo energético. Para ello, se dimensionó y diseñó un sistema fotovoltaico para suministrar energía a las luminarias en un edificio de usos múltiples en la UTZMG. La instalación se realizó con éxito mediante el uso de paneles fotovoltaicos policristalinos.

Con este trabajo de investigación, se comprueba las ventajas que los sistemas fotovoltaicos poseen en su implementación en viviendas o edificios de usos múltiples (por ejemplo, los departamentos).

En el proyecto titulado “Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada” se tuvo por objetivo elaborar una propuesta para implementar un sistema fotovoltaico autónomo para la generación eléctrica en la comunidad Isla Cartí en el Golfo de San Blas, Panamá. Se menciona que el sistema deberá abastecer las cargas existentes, conectadas actualmente a otro sistema eléctrico con una fuente diferente, donde dicha fuente será la de respaldo para el sistema. Las conclusiones alcanzadas fueron las siguientes (8):

- Se encontró que, en la zona de interés, el nivel de radiación solar promedio mensual oscila entre 3.72 kWh/m<sup>2</sup> día en noviembre y 5.12 kWh/m<sup>2</sup> día en marzo.
- Se estimó que la carga total conectada en la Isla es de 9915 W, con un consumo eléctrico teórico de 47.5 kWh/día. Para suministrar un consumo energético real de 65 kWh/día, se dimensionaron los componentes con un rendimiento global de la instalación del 73.5 %.
- Para la implementación del proyecto se requieren 196 paneles solares de 100 Wp, 7 reguladores de carga de 50 A, 3 inversores/cargadores multifuncionales de 3000 W cada uno, 49 estructuras para sostener 4 módulos cada una, 8 baterías SLI modificadas de 250 Ah y 130 medidores de consumo eléctrico.
- Hay muchas opciones de baterías disponibles para aplicaciones fotovoltaicas en el mercado. Los tipos de baterías de mayor costo suelen tener una vida útil más larga y requieren poco o ningún mantenimiento, lo que significa que la elección de las baterías para un sistema fotovoltaico es un compromiso entre el costo y las características deseables para el sistema de almacenamiento en diferentes situaciones.
- El costo inicial total estimado para el proyecto, incluyendo un 25 % de gastos adicionales por ingeniería, gastos administrativos, instalación, cableado, protecciones y otros gastos generales, y la implementación de baterías de bajo costo, asciende a 232 122.67 euros, tomando en cuenta solamente las cargas conectadas actualmente.
- Se estima que el sistema puede expandirse para suministrar un 30 % adicional de consumo, con una inversión de alrededor de 4500 € para la compra de otro inversor/cargador y la expansión del banco de baterías, manteniendo la misma cantidad de paneles. La generación eléctrica adicional necesaria puede ser proporcionada a partir del motor generador.
- En resumen, la implementación de sistemas híbridos fotovoltaicos ofrece una solución eficiente y económica para la electrificación rural al permitir una mayor autonomía y reducir los costos totales. Al contar con una fuente alternativa de generación eléctrica, el sistema puede diseñarse para una cantidad menor de días de autonomía y reducir la

cantidad de baterías necesarias. Además, los posibles aumentos en el consumo eléctrico pueden compensarse mediante un aumento en la capacidad del banco de inversores y el de baterías, y generando la energía adicional requerida a partir del motor generador, sin tener que adquirir más paneles solares. En última instancia, la adición de más paneles y reguladores puede ser una opción para aumentar el consumo. En general, los sistemas híbridos fotovoltaicos ofrecen una mayor autonomía y flexibilidad, lo que los convierte en una opción atractiva para la electrificación rural.

Con este trabajo de investigación, se concluyó que los sistemas de generación fotovoltaicos son los más eficientes y eficaces al momento de suministrar energía a los sistemas aislados. Al no existir líneas de transmisión ni distribución cercanas a una zona a electrificar (como el caso de esta tesis), las energías renovables toman un papel importante y se convierten en la solución más viable.

En la tesis titulada “Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragón del golfo de Guayaquil, provincia de Guayas” se tuvo por objetivo analizar, diseñar, e implementar un sistema que permita el uso de la energía solar para satisfacer una de las necesidades básicas en la Comuna Puerto Roma, de la Isla Mondragón. Sus conclusiones fueron (9):

- Se implementó el sistema de energía solar en una comuna local.
- Se capacitó a los habitantes sobre el uso correcto del sistema para el beneficio general.

Con este trabajo de investigación, se analizó los pasos a tener en cuenta para la implementación de un sistema de energía solar. Al tratarse de un proyecto a pequeña escala, los mismos tesisistas dictaron los cuidados necesarios para mantener en óptimas condiciones el sistema.

En el proyecto titulado “Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia, departamento de la Guajira - Colombia” se tuvo como objetivo “formular un proyecto de generación de energía eléctrica a través de la conversión de energía solar fotovoltaica,

que beneficie a la población del corregimiento de Nazareth en el departamento de la Guajira, el cual pueda representar una alternativa de solución para la deficiencia energética que padece la región”. Las conclusiones alcanzadas fueron (10):

- Es importante destacar que este tipo de proyectos de energía renovable no solo contribuyen al desarrollo sostenible de las comunidades, sino que también tienen un impacto positivo en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la mitigación del cambio climático. Además, la implementación de sistemas de energía renovable en zonas rurales puede mejorar la calidad de vida de sus habitantes al proporcionar energía eléctrica para iluminación, refrigeración, comunicaciones y otras necesidades básicas.
- La investigación es esencial para el éxito del proyecto, ya que proporciona información importante para dimensionar adecuadamente el cumplimiento de los objetivos en cada fase del ciclo del proyecto.
- En La Guajira, la generación solar resulta más económica y confiable a largo plazo que la generación basada en combustibles debido a los altos costos de generación originados en los precios de los combustibles y los costos de operación y mantenimiento en zonas remotas.
- La realización del estudio en la zona rural de La Guajira es fundamental para reducir el deterioro de las condiciones de vida de las comunidades y mejorar la productividad de la región.
- El desarrollo de la investigación fue clave para el planteamiento del proyecto, ya que proporcionó las respuestas a las preguntas planteadas en base a la problemática en Nazareth, corregimiento de Uribe, La Guajira, Colombia.
- El análisis de la problemática social y económica de Nazareth condujo a resultados claros en la investigación, que definieron las soluciones para la energía del hogar, del hospital y las plantas desalinizadoras como los tres tipos de aplicaciones del proyecto que tendrían el mayor impacto positivo en la comunidad.
- Los profesionales actuales enfrentan el desafío de abandonar los modelos de generación de energía convencionales, que requieren

grandes inversiones y generan altos niveles de contaminación. Es por eso que los sistemas integrales de soluciones deben abordar todas las necesidades de los proyectos, utilizando soluciones sostenibles e innovadoras.

- A pesar de que el departamento de La Guajira es rico en recursos de energía natural renovable, hay una falta de interés y apoyo del gobierno a comunidades como Nazareth. La falta de inversión en investigación y desarrollo tecnológico ha llevado a un subdesarrollo y a recursos sin explotar que podrían haber generado muchos beneficios.

En este trabajo de investigación también se recalcó la importancia de generar electricidad para sistemas aislados mediante paneles solares, pues se resaltan las condiciones necesarias para su funcionamiento, y también, el gran beneficio que poseen. Asimismo, se detallan los pasos seguidos para la implementación, el análisis económico y social del mismo.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Generación fotovoltaica

“El sistema de generación fotovoltaico es un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El componente principal es el módulo fotovoltaico, que está compuesto por celdas capaces de transformar la energía luminosa en energía eléctrica de corriente continua. Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en tres grupos: conectados a la red, autónomos y de bombeo, y los equipos utilizados dependen de la aplicación a la que estén destinados” (11). Se observa en la figura 1.





Figura 1. Sistema fotovoltaico.

Fuente: Perpiñán *et al.* (11).

A. La energía solar fotovoltaica:

La energía solar fotovoltaica pertenece al grupo de generación de “energías renovables”, las cuales vienen siendo implementados actualmente como alternativa a las formas de generación convencionales (generación de energía hidráulica, generación de energía térmica, entre otros) ya que es una forma limpia de generación, y no generan contaminación alguna hacia el ambiente. En el Perú, se implementó este sistema para integrarlo al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, para así satisfacer la demanda energética que existe y que va creciendo con el paso de los años.

B. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR):

“Los sistemas fotovoltaicos que se conectan a la red producen energía eléctrica que se inyecta directamente en la red convencional sin la necesidad de incorporar equipos de almacenamiento de energía debido a que no necesitan satisfacer ninguna demanda de consumo de manera directa. Estos sistemas utilizan un equipo inversor que adapta la potencia producida por el generador fotovoltaico a las condiciones de la red eléctrica convencional para garantizar un correcto acoplamiento” (11). Se observa en la figura 2.

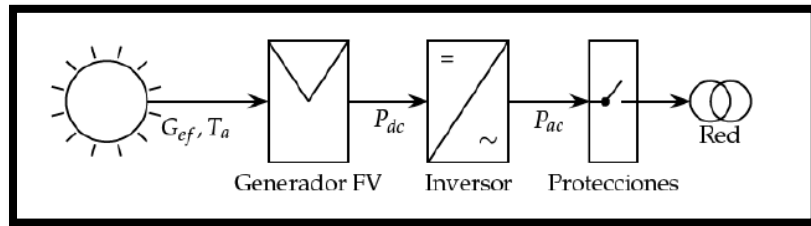


Figura 2. Esquema de un SFCR.

Fuente: Perpiñán *et al.* (11).

### C. Sistemas fotovoltaicos autónomos:

“Los sistemas autónomos abarcan una variedad muy amplia de aplicaciones. Su denominador común es la necesidad de satisfacer una demanda energética determinada. Por esta razón, prácticamente todos los sistemas autónomos incorporan un equipo de acumulación de energía. Estos sistemas pueden ser clasificados en tres grupos por razón de su aplicación asociada: profesionales, electrificación rural y pequeño consumo” (11). Se observa en la figura 3.



Figura 3. Sistema fotovoltaico autónomo.

Fuente: Perpiñán *et al.* (11).

### D. Sistemas fotovoltaicos de bombeo:

“Los sistemas de bombeo emplean la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico para mover una bomba que eleva y transporta

agua desde un acuífero a un depósito o red de distribución. Para reducir costos y aumentar la fiabilidad, estos sistemas almacenan la energía en forma de energía potencial del agua almacenada en el depósito elevado. Estos sistemas se utilizan en diversas aplicaciones, como el suministro de agua para consumo humano o animal, el riego de plantaciones y la desalinización del agua extraída con sistemas de ósmosis inversa” (11). Se observa la referencia en la figura 4.



*Figura 4.* Sistema de bombeo con depósito elevado.

Fuente: Perpiñán *et al.* (11).

### 2.2.2. Funcionamiento del sistema fotovoltaico

Los paneles solares están formados por celdas fotovoltaicas hechas generalmente de silicio, las cuales convierten la radiación que inciden sobre ellas en electricidad, mediante los semiconductores de las cuales están constituidas. Estos semiconductores son de tipo “p” y de tipo “n”, las cuales, al unirse y entrar en contacto, dan lugar a la difusión de electrones: desde la que posee mayor concentración de estos (la de tipo “n” de la unión) hacia la que posee la menor concentración (la de tipo “p” - unión). Cuando estos electrones se extienden a través de la unión p-n, se mezclan con los huecos de la cara de tipo p. Esta disgregación de cargas, que la propia extensión causa, genera un campo eléctrico causado por el desequilibrio de las cargas deteniendo, de inmediato, el siguiente flujo de las otras cargas a través de dicha unión.

El campo eléctrico originado en la unión “p-n” da lugar a un diodo que permite el paso de corriente, pero solo en un sentido a través de la mencionada unión (“p-n”). Los electrones pasan de la capa de tipo “p” a el interior de la capa de tipo “n”, y los huecos pueden pasar en viceversa también.

### 2.2.3. Origen de los paneles solares

“En 1839, Edmund Becquerel descubrió que ciertos materiales podían generar pequeñas corrientes eléctricas al ser expuestos a la luz. En 1873, Willoughby Smith observó el mismo efecto fotovoltaico en un medio sólido como el selenio. Sin embargo, la tecnología solar fotovoltaica no se utilizó en aplicaciones prácticas hasta más de 100 años después. En 1977, W. G. Adams y R. E. Day fabricaron la primera célula fotovoltaica utilizando este material” (12).

“En 1904, Albert Einstein explicó el efecto fotovoltaico en sus teorías, lo que le valió el Premio Nobel en 1921. En 1954, los investigadores D. M. Chaplin, C. S. Fuller y G. L. Pearson de los laboratorios Bell produjeron la primera célula de silicio capaz de generar energía eléctrica directamente a partir de la luz solar con una eficiencia suficiente para hacer funcionar una radio a transistores. Esta célula inicial tenía una eficiencia del 6 %” (12).

“Los programas de exploración espacial han sido fundamentales en el desarrollo de la tecnología solar fotovoltaica, ya que los paneles solares han sido la fuente primaria de energía en los satélites. En 1955, Hoffman Electronic produjo elementos solares para aplicaciones espaciales, alcanzando en pocos años un rendimiento del 8 % en sus células. En 1958, se lanzó al espacio el Vanguard I, el primer satélite alimentado con energía solar, capaz de alimentar un transistor de 5 mW con una superficie aproximada de 100 cm<sup>2</sup> y una potencia de 0.1 W. Este logro llevó al lanzamiento en 1962 del primer satélite comercial de telecomunicaciones, el Telstar, que utilizó una potencia fotovoltaica de 14 W” (12).

“En 1979, las sondas Viking aterrizaron en la superficie de Marte, lo que marcó un importante paso en la carrera espacial. En la actualidad, existe

un gran interés por conocer más datos sobre la superficie del planeta, lo que ha llevado al envío de nuevas sondas, como la Mars Observer y los vehículos Opportunity y Spirit, y anteriormente el Sojourner. En cuanto al rendimiento actual de algunas células fotovoltaicas, un consorcio japonés ha presentado una célula solar con una eficiencia del 36.5 %, construida con semiconductores de indio, galio y germanio” (12).

#### 2.2.4. Potencial de la energía solar fotovoltaica

“Es cierto que la energía fotovoltaica no es la única forma de obtener energía eléctrica a partir del sol. De hecho, gran parte de las fuentes de energía eléctrica actuales tienen su origen en la energía solar. Por ejemplo, las centrales termosolares utilizan espejos para concentrar los rayos solares y calentar un fluido que mueve una turbina y genera electricidad. De manera similar, las centrales hidroeléctricas también se alimentan de la energía solar, ya que la evaporación del agua que luego cae en forma de lluvia es impulsada por el sol. Además, la energía eólica, la biomasa y los biocombustibles también son formas indirectas de aprovechar la energía solar. En definitiva, la energía solar es una fuente inagotable y limpia de energía que puede ser utilizada de múltiples maneras para satisfacer nuestras necesidades energéticas” (12), por ejemplo:

- “Millones de años atrás, las plantas, mediante la fotosíntesis, captaron y retuvieron la energía solar en forma de moléculas orgánicas, que han llegado hasta el día de hoy en sus cuerpos fosilizados (en forma de petróleo, carbón, etc.); es la energía fósil (12)”.
- “Así es, la energía eólica se produce gracias a la energía del sol que calienta diferentes zonas de la tierra de manera desigual, creando diferencias de presión en la atmósfera. Estas diferencias de presión generan vientos que pueden ser aprovechados para generar energía eléctrica. Las turbinas eólicas están diseñadas para capturar la energía cinética del viento y convertirla en energía eléctrica. En este sentido, la energía eólica es una forma indirecta de energía solar, ya que se basa en los efectos de la radiación solar en la atmósfera y en la superficie terrestre” (12).

- “Con la energía hidráulica se aprovecha la energía potencial gravitatoria del agua almacenada a alturas mayores a la del nivel del mar, para movilizar también los generadores, y de nuevo el sol es que, al evaporar el agua de los mares, aumenta la energía potencial que tiene el agua” (12).

“La energía solar fotovoltaica es la única forma directa de obtener energía eléctrica a partir de la radiación solar. En lugar de utilizar el sol como fuente indirecta de energía para mover un generador, los paneles solares fotovoltaicos convierten directamente la energía solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico. Esto hace que la energía solar fotovoltaica sea una forma más eficiente y sostenible de obtener energía eléctrica. Además, la energía solar fotovoltaica no emite gases de efecto invernadero ni otros contaminantes y no requiere combustibles fósiles, lo que la convierte en una fuente de energía renovable y limpia” (12).

En la figura 5 se observa el espectro solar, que no es igual en todas las partes de la Tierra, y tampoco es el mismo en un punto determinado, ya que, cambia con las horas en el día.

“La luz blanca del sol es una combinación de los colores del arco iris, cada uno con su longitud de onda. Los colores en el espectro van del violeta al rojo. El color azul es formado por fotones con una longitud de onda de 450-500 nm, mientras que el verde está entre 500-570 nm y el rojo está entre 610-830 nm. Los fotones azules son más energéticos que los rojos. El diseño de las células solares varía según el espectro de fotones que tenga que convertir, especialmente en las células tándem” (12). Se complementa en detalle en las figuras 5 y 6.

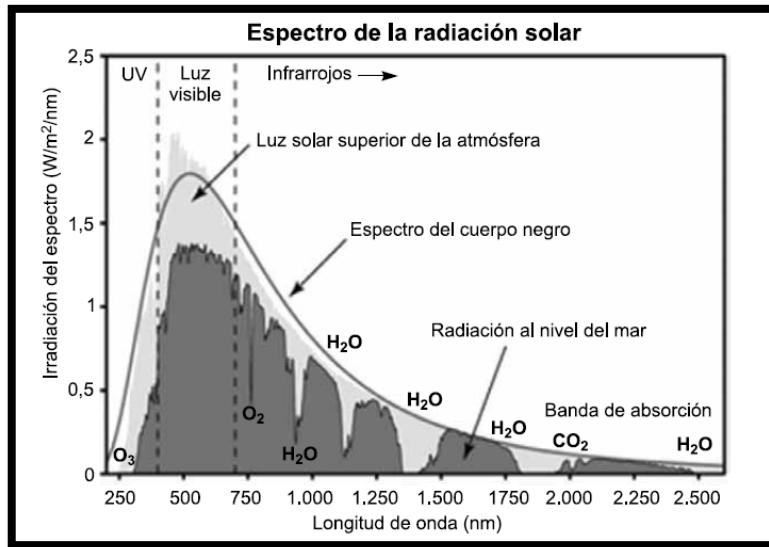


Figura 5. Irradiación espectral.

Fuente: Carta *et al.* (12).

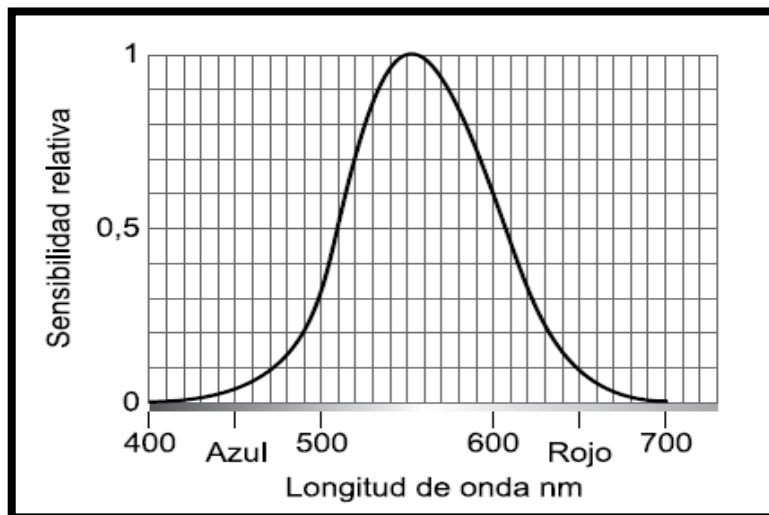


Figura 6. Distribución espectral de longitudes de onda en la zona visible.

Fuente: Carta *et al.* (12).

### 2.2.5. Radiación solar

“La energía solar proviene de la fusión nuclear que ocurre en el sol y es el motor que impulsa nuestro medio ambiente. La energía solar que llega a la superficie terrestre es 10 000 veces mayor que la energía que se consume actualmente en todo el mundo” (13).

“La radiación es la transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas que se propagan directamente desde su fuente en todas las direcciones. Estas ondas pueden propagarse en el espacio sin necesidad de un medio material y pueden viajar desde el sol hasta la Tierra” (13).

“La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración. Todas las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío a una velocidad constante de 299 792 km/s” (13).

“Las ondas electromagnéticas pueden tener distintas longitudes de onda, y el conjunto de todas ellas se conoce como espectro electromagnético. El conjunto de longitudes de onda emitidas por el sol se llama espectro solar” (13). Se observa ello en la figura 7.

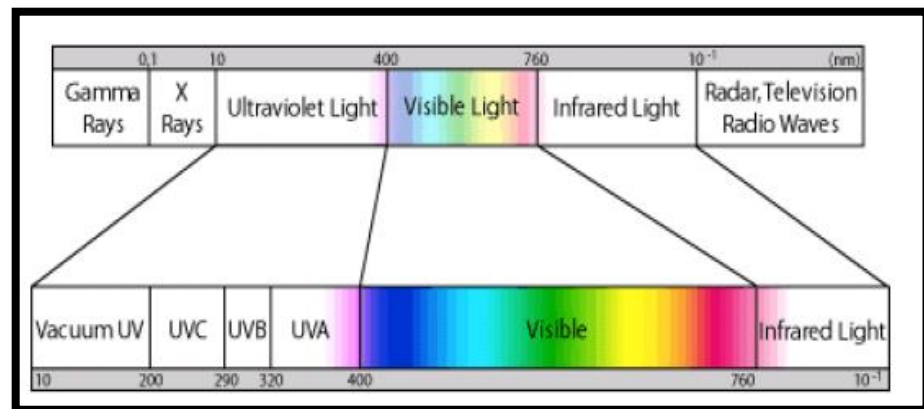


Figura 7. Proporción de radiación solar.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (13).

Para la figura 7, los valores en que se distribuye la radiación solar en las distintas partes del espectro son:

- Infrarrojo: 49 %.
- Luz visible: 43 %.
- Ultravioleta: 7 %.
- Otros: 1 %.

Tipos de radiación:



A) Radiación solar directa:

Es la radiación recibida directamente del sol, sin ser desviada por la atmósfera, ni por algún agente externo. “Para medir la radiación solar directa, se utilizan pirheliómetros que permiten medir solamente la radiación que proviene del sol y de una región cercana a este. Los instrumentos modernos tienen un ángulo de medición de aproximadamente 2.5 grados desde el centro del sol. El sensor del pirheliómetro tiene un visor con un punto luminoso que se alinea con una marca en el centro del mismo cuando la superficie del sensor está perpendicular al haz solar directo. Además, el instrumento utiliza obturadores para medir únicamente la radiación solar directa, por lo que se recomienda que todos los pirheliómetros estén montados sobre un mecanismo que le faculte un seguimiento bastante preciso del sol” (13). Ello se aprecia en la figura 8.



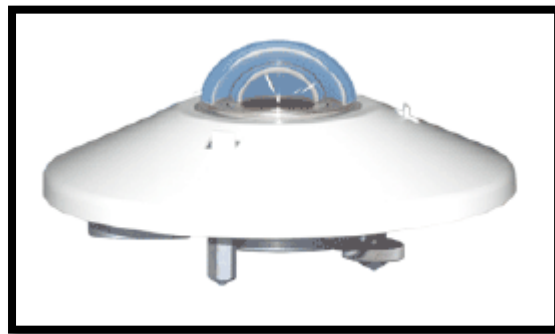
*Figura 8.* Pirheliómetro de primera clase Kipp Zonen.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (13).

B) Radiación solar:

“La radiación global se define como la radiación solar recibida por una superficie horizontal de un ángulo sólido de  $2\pi$  estereorradianes. La radiación global incluye tanto la radiación directa proveniente del disco solar como la radiación celeste difusa que se dispersa al atravesar la atmósfera” (13).

“Para medir la radiación global se utiliza el piranómetro, que es un instrumento específico para este propósito. El piranómetro también puede ser utilizado para medir la radiación incidente sobre superficies inclinadas, y se puede invertir para medir la radiación global reflejada (albedo). Para medir únicamente la componente difusa de la radiación solar, se utiliza un sistema de pantalla o sombreado que cubre la componente directa” (13). Se observa ello en la figura 9.



*Figura 9.* Piranómetro Kipp - Zonen.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (13).

#### C) Radiación difusa:

“La radiación difusa, que proviene de la dispersión de los rayos solares por los componentes atmosféricos, también se mide mediante piranómetros. Para medir la radiación difusa, se acopla un elemento de sombreado al piranómetro. Este elemento de sombreado es una banda que impide que la radiación directa alcance el receptor. Sin embargo, parte de la radiación difusa de los alrededores también es bloqueada por el propio dispositivo que provoca la banda de sombra. Por lo tanto, se debe aplicar un factor de corrección a las mediciones para tener en cuenta esta pérdida de radiación difusa” (14). Se observa ello en la figura 10.



Figura 10. Piranómetro.

Fuente: Sosa (14).

#### D) Radiación infrarroja:

Es una de las radiaciones que conforman el espectro, cuya longitud de onda varía de 760 - 780 nm, (posicionándose en el límite junto al color rojo dentro de la zona visible de este) hasta los 10000 - 15000 nm, limitando con la de microondas. “Los pirgeómetros miden la radiación de onda larga emitida por la atmósfera y la superficie terrestre. Estos instrumentos suelen ser termopilas o pares termoeléctricos que detectan la radiación infrarroja emitida por los objetos. La mayoría de los pirgeómetros utilizan filtros para eliminar las longitudes de onda cortas, que presentan una transparencia constante a longitudes de onda largas mientras que son casi opacos a longitudes de onda más cortas (300 a 3000nm). De esta manera, se asegura que solo se midan las longitudes de onda de interés. Los pirgeómetros son útiles para medir la temperatura de la superficie terrestre, así como para estudiar el efecto invernadero en la atmósfera” (13). En la figura 11 se observa ello.

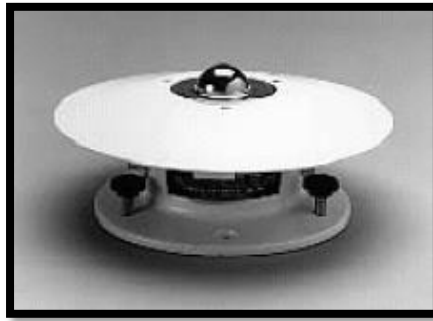


Figura 11. Pirgeómetro Eppley.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (13).

#### E) Radiación ultravioleta:

“La radiación ultravioleta abarca el rango espectral desde los 100 a los 400 nm, se reparte en” (13):

- Ultravioleta C de 100 a 280 nm. absorbida en su totalidad por la capa de ozono.
- Ultravioleta B de 280 a 320 nm. absorbida de manera parcial por el ozono.
- Ultravioleta A de 320 a 400 nm. absorbida apenas por el ozono.

Aunque apenas representa el 7 % de la radiación total, los efectos que tiene sobre los seres vivos y el medio ambiente hacen que sea muy importante. Es cierto que la radiación UV puede tener efectos muy perjudiciales sobre la salud humana, como el cáncer de piel y las cataratas, entre otros. Además, también puede afectar al clima, los procesos biológicos, ecológicos y fotoquímicos. Por esta razón, es importante medir la radiación UV de forma precisa y se utilizan piranómetros específicos de UV para esta tarea. Estos piranómetros están equipados con filtros de alta calidad para aproximar la respuesta espectral del aparato a la respuesta de la piel humana a los efectos del Sol, lo que se conoce como función eritemática. De esta forma, se pueden obtener mediciones precisas de la radiación UV y evaluar los riesgos para la salud y el medio ambiente (13).



Figura 12. Piranómetro de UVB de Kipp - Zonen.

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (13).

## 2.2.6. Radiación solar: formas de determinarla

### A. Posición del sol:

La posición del sol se determina mediante los llamados ángulos ecuatoriales, que vienen a ser el ángulo horario y la declinación. “La declinación solar es el ángulo que forma la línea Sol-Tierra con su proyección en el plano ecuatorial. Es cero en los equinoccios y de  $23.5^\circ$  en el solsticio de verano y  $-23.5^\circ$  en el invierno” (15).

Se presenta la ecuación de determinación solar en base al día juliano del año:

$$\delta = 23.45^\circ \operatorname{Sen} \left( \frac{360^\circ (N^\circ_{FECHA} + 254^\circ)}{365^\circ} \right)$$

Donde:

\* $\delta$  = declinación solar ( $^\circ$ ).

\* $N^\circ$  = día del año calendario, a 01 de enero le corresponde el 1, y así sucesivamente.

“El ángulo solar ( $w$ ) es el ángulo entre el plano meridiano del lugar y el plano meridiano del Sol. En el mediodía solar,  $w$  es cero. Cada hora corresponde a un ángulo de  $15^\circ$  debido a la rotación de la Tierra. Los ángulos antes del mediodía son negativos y después del mediodía son positivos” (15). Se aprecia ello en la figura 13. Además, se presenta la ecuación del ángulo solar:

$$w = \text{ArcCos} \left( \frac{-\text{Sen}(\delta) \times \text{Sen}(L)}{\text{Cos}(L) \times \text{Cos}(\delta)} \right)$$

Donde:

\* $W$  = ángulo solar.

\* $\delta$  = Declinación Solar ( $^\circ$ ).

\* $L$  = latitud de la zona.

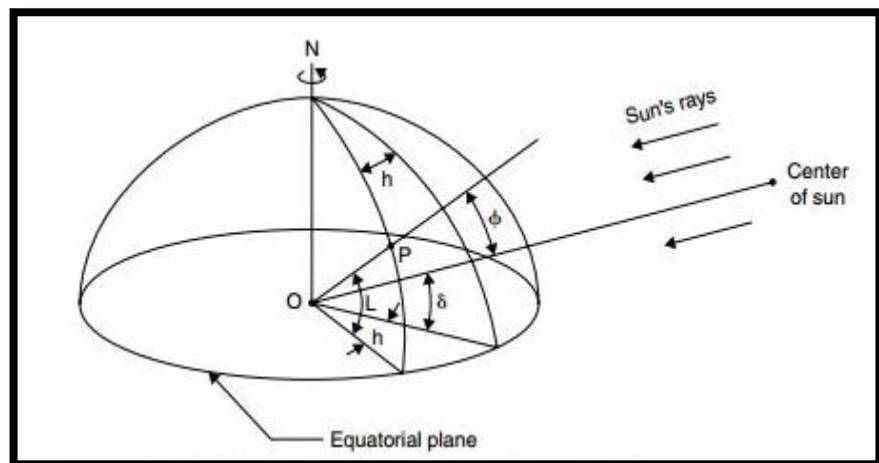


Figura 13. Declinación solar.

Fuente: Portafolios Software Ezu.

## B. Coordenadas geográficas:

Para determinar el nivel de radiación sobre un lugar específico, se necesita la posición exacta sobre la superficie terrestre, mediante la latitud, altitud y longitud. Ello se observa en la figura 14.

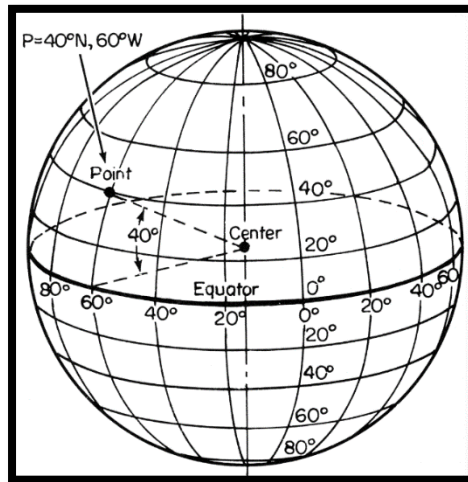


Figura 14. Coordenadas geográficas.

Fuente: Carta *et al.* (12).

La longitud ( $\varphi$ ) se define como la distancia angular existente desde el Meridiano de Greenwich, hacia un punto aleatorio (la región en estudio). Su valor varía de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ .

$$\varphi = -75.7460249^\circ \text{ (} 75^\circ 44' 45.689'' \text{ O)}$$

Donde:

\* $\Phi$  = longitud del Anexo de Chaucha, Tomas, Yauyos, Lima ( $^\circ$ ).

La latitud (L) de una región, es el ángulo que conforma dicho lugar con el plano Ecuatorial. En Ecuador, el valor es  $0^\circ$ , mientras que en los polos es de  $90^\circ$  N y  $90^\circ$  S, respectivamente.

$$L = -12.2383101 \text{ (} 12^\circ 14' 17.916'' \text{ S)}$$

Donde:

\*L = latitud del Anexo de Chaucha, Tomas, Yauyos, Lima ( $^\circ$ ).

### C. Radiación solar extraterrestre:

“La radiación solar extraterrestre es la cantidad de energía que una superficie en un punto exterior a la atmósfera de la Tierra recibe

durante un tiempo determinado. Esta energía se mide como una densidad de flujo de radiación solar en  $\text{Js}^{-1}\text{m}^{-2}$  o  $\text{Wm}^{-2}$  en el Sistema Internacional (SI). El plano tangencial al planeta Tierra en ese punto exterior es el plano horizontal. La radiación solar extraterrestre (S) está vinculada al parámetro solar  $S_0$ , que es la densidad de flujo de radiación que se recibe sobre una superficie perpendicular a los rayos solares (ver figura 6). La relación entre S y  $S_0$  depende de la inclinación de los rayos solares, es decir, de la altura solar” (16). Se presenta las ecuaciones de irradiación solar, del parámetro solar según la distancia de la Tierra al sol, y de distancia de la Tierra al sol en base al día juliano, respectivamente (16).

$$R_a = S_o \times 3600 \times \text{Sen} \left( 90^\circ - L + \delta \right) \times \left( 2 \frac{n}{\pi} \right)$$

$$S_o = 1367 \left( \frac{d_{\text{media T-S}}}{d_{\text{fecha T-S}}} \right)^2$$

$$d_{\text{fecha T-S}} = \frac{1.496 \times 10^{13} \times (1 - 0.017 \times \text{sen}(0.9856 \times N^\circ \text{ fecha}))}{100}$$

Donde:

\* $R_a$  = radiación solar en la atmósfera ( $\text{Js}^{-1}\text{m}^{-2}$ ).

\* $S_o$  = parámetro solar ( $\text{Wm}^{-2}$ ).

\* $d_{\text{media T-S}}$ : distancia media de la Tierra al sol (150 000 000 km).

\* $d_{\text{fecha T-S}}$ : distancia de la Tierra al sol de acuerdo al día (m).

#### D. Estimación de la radiación solar:

Para la estimación de la radiación Solar, se empleará los modelos de Bristow-Campbell y de Ångström-PreScott.

- Modelo de Bristow-Campbell:

“Según Bristow-Campbell, la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima en un día depende de la relación de Bowen, que es la relación entre el calor sensible y el calor latente. El calor sensible se relaciona con la irradiación solar y es responsable de



las temperaturas máximas. Durante la noche, el calor sensible se pierde como radiación en onda larga, lo que hace que la temperatura del aire disminuya hasta su valor mínimo, normalmente antes del amanecer. Esta explicación justifica el uso de modelos para estimar la irradiación solar en función de la temperatura, aprovechando la red de estaciones que realizan mediciones de este tipo. Baigorria *et al.* han concluido que, entre los modelos disponibles, el modelo Bristow-Campbell es el que mejor se adapta a las condiciones en Perú. Este modelo propone la estimación de la transmisividad o irradiación solar relativa ( $H/H_0$ ) en función de la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima ( $\Delta T$ , en °C)" (17). Se complementa ello con lo presentado en la tabla 2. Además, se presenta la ecuación de radiación solar según el modelo de Bristow-Campbell (17):

$$R_S = a_B \times (1 - e^{-b_B(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{c_B}}) \times R_a$$

Donde:

\*R = radiación solar en la superficie ( $J/m^2$ ).

\* $a_B$ ,  $b_B$ ,  $c_B$ : coeficientes del modelo Bristow-Campbell.

\* $T_{m\acute{a}x}$ : Temperatura máxima del día (°C).

\* $T_{m\acute{i}n}$ : Temperatura mínima del día (°C).

\* $R_a$ : Radiación solar presente en la atmósfera ( $J/m^2$ ).

Tabla 2. Valores de los coeficientes del modelo Bristow-Campbell.

Estación Meteorológica	A <sub>b</sub>	B <sub>b</sub>	C <sub>b</sub>	Número de datos	Error
<b>Costa</b>					
Miraflores	0.75	0.04	1.49	3597	3.8
A. Von Humbold	0.68	0.06	1.42	13712	14.1
San Camilo	0.79	0.09	1.05	2244	3.9
<b>Sierra</b>					
Bambamarca	0.66	0.23	0.80	2033	12.6
Weberbauer	0.75	0.04	1.28	1607	3.2
Cosmos	0.70	0.03	1.62	773	8.5
Huayao	0.78	0.11	0.97	5387	4.6
Granja Kcayra	0.74	0.11	0.92	1961	11.6
Chuquibambilla	0.78	0.19	0.76	1476	3.6
Puno	0.82	0.20	0.87	2156	7.2
Characato - La Pampilla	0.76	0.16	0.91	3134	7.5

Fuente: SENAMHI (17).

- Modelo de Ångström-Prescott:

El modelo de Ångström-Prescott es el modelo más utilizado para estimar la irradiación solar relativa (H/H<sub>0</sub>) en función de las horas de sol relativas (n/N). Fue desarrollado a partir del modelo de Ångström original propuesto en 1924 y modificado por Prescott en 1940. Se presentará la ecuación de radiación solar del modelo, así como la de exposición solar para un día en concreto.

$$R_s = \left( a + b \times \left( \frac{n}{N} \right) \right) \times R_a$$

$$N = 2 \left( \frac{\text{ArcCos} \left( -\text{Tg}(\delta) \times \text{Tg}(L) \right)}{15} \right)$$

Donde:

- \* R<sub>s</sub>: radiación solar en la superficie (J/m<sup>2</sup>).
- \* a, b: coeficientes del modelo Ångström-Prescott.
- \* n: horas de sol en un día 12 h.
- \* N: horas de sol/día según día del año y latitud de la zona (h).

Tabla 3. Valores de los coeficientes del modelo Ångström-Prescott.

Estación Meteorológica	A	B	Número de datos	Error
<b>Costa</b>				
Miraflores	0.355	0.392	3681	-2.4
A. Von Humbold	0.211	0.467	12186	12.9
San Camilo	0.321	0.468	2241	-0.4
La Joya	0.593	0.181	7534	2.8
<b>Sierra</b>				
Bambamarca	0.322	0.336	2697	6.6
Weberbauer	0.231	0.521	1859	-2.7
Cosmos	0.320	0.384	929	7.4
Huayao	0.397	0.379	6285	2.2
Granja Kcayra	0.376	0.364	2199	3.4
Chuquibambilla	0.395	0.384	1892	-2.1
Puno	0.378	0.438	2805	9.2
Characato - La Pampilla	0.367	0.396	1220	10.7

Fuente: SENAMHI (17).

#### 2.2.7. Mapa de radiación solar del Perú y del departamento de Lima

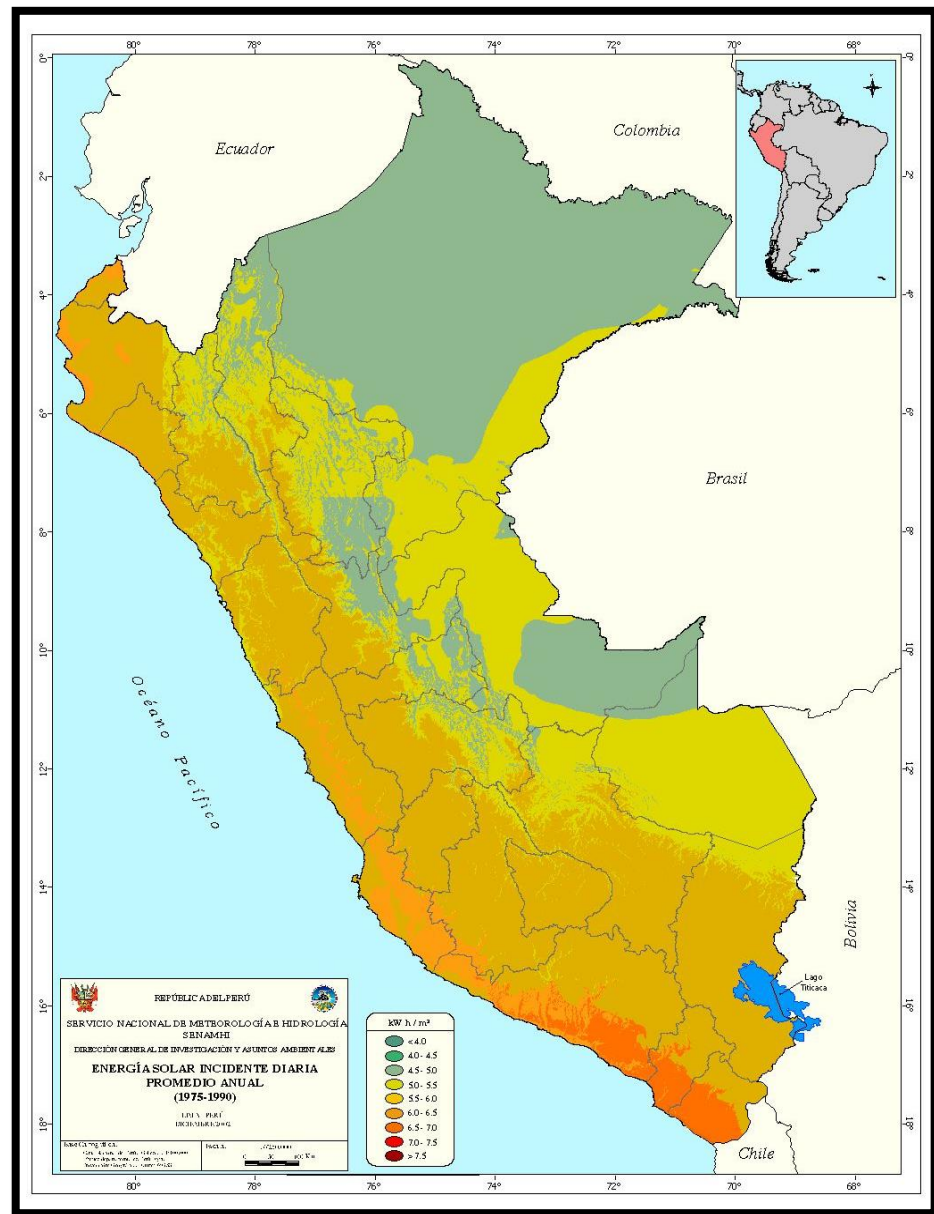


Figura 15. Mapa de radiación solar - Perú.

Fuente: SENAMHI (17).

En el mapa anterior (figura 15), se puede apreciar lo siguiente:

- El Perú es un país con gran potencial de generación de energía fotovoltaica.
- La zona con mayor incidencia es la costa, con un valor de 6.5 kWh/m<sup>2</sup>, seguido por la sierra, con un valor de 5.5 kWh/m<sup>2</sup>.

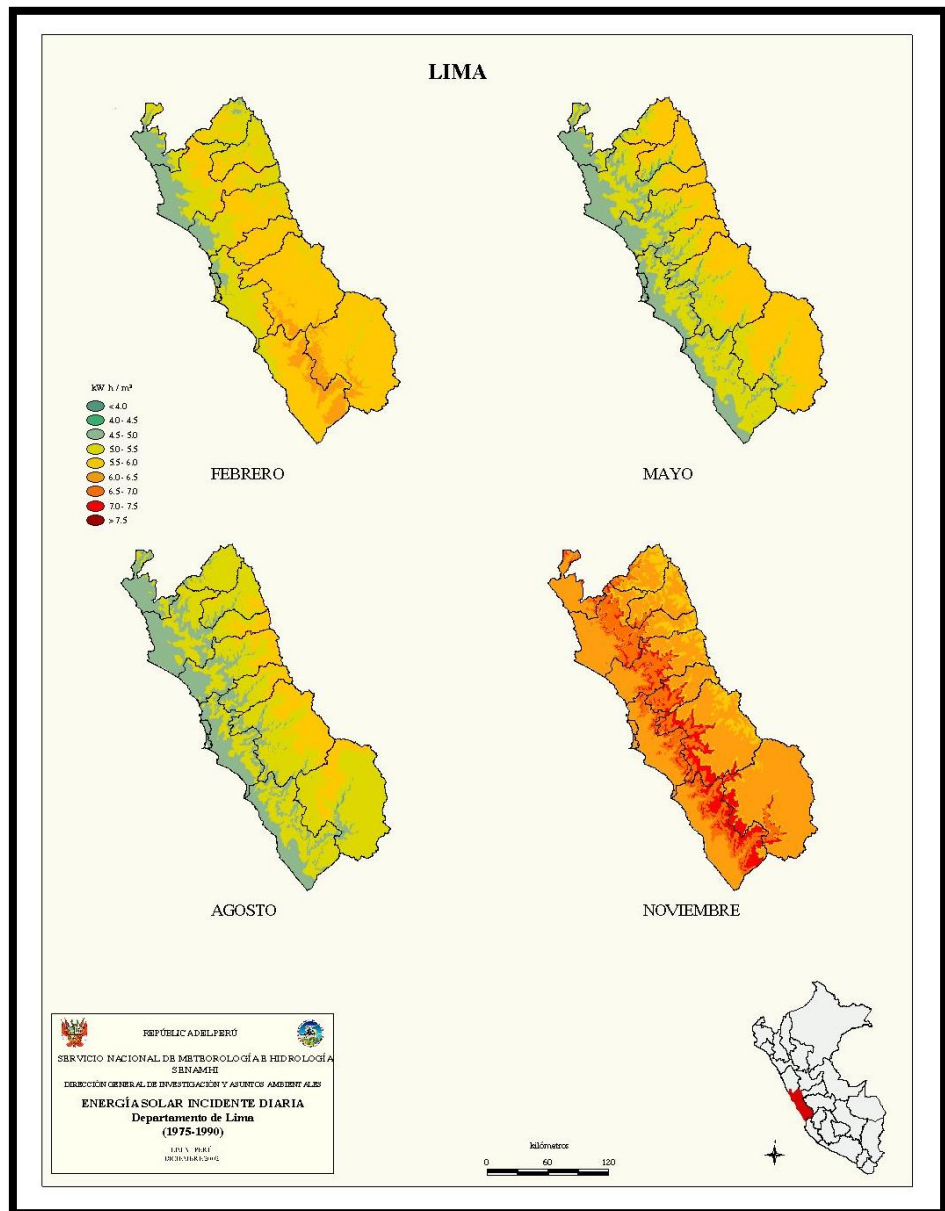


Figura 16. Mapa de radiación solar - Lima.

Fuente: SENAMHI (17).

En el mapa anterior (figura 16), se puede apreciar lo siguiente:

- El Anexo de Chaucha, ubicada en la sierra de Lima, posee un nivel de irradiación entre 5.5 y 7.0 kWh/m<sup>2</sup>, en la cual se hace factible el uso de la energía solar fotovoltaica.

## 2.2.8. Radiación: datos obtenidos de NASA

Los siguientes datos, detallados en la tabla 4, fueron obtenidos mediante coordenadas de latitud y longitud del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, Yauyos del programa NASA.

Tabla 4. *Coordenadas Geográficas del Anexo de Chaucha.*

Anexo de Chaucha, Tomas, Yauyos	
Latitud	-12.23831
Longitud	-75.7460

Elaboración propia.

### A. Radiación solar (directa, máxima, mínima y anual) entre 1983 y 2005:

En la tabla 4 se puede observar la radiación directa promedio por mes, la radiación mínima, máxima y anual que otorga la NASA mediante el proyecto POWER (predicción de los recursos energéticos mundiales), estos datos fueron obtenidos mediante su aplicación “Visor Power Data Access Viewer” (acceso a las vistas de datos de energía) que brinda un promedio climatológico solar de 22 años (julio 1983 - junio 2005) la cual maneja esta organización (ver figura 17 y tabla 5).

Tabla 5. *Niveles de radiación según NASA.*

N°	MES	RADIACIÓN SOLAR DIRECTA	RADIACIÓN SOLAR MÍNIMA	RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA
1	ENERO	4.61	3.14	6.70
2	FEBRERO	4.55	3.23	7.10
3	MARZO	4.88	3.60	6.57
4	ABRIL	5.99	4.85	7.56
5	MAYO	7.11	6.31	8.73
6	JUNIO	6.96	4.74	8.41
7	JULIO	7.18	5.95	8.31
8	AGOSTO	7.06	6.24	8.29
9	SETIEMBRE	6.71	6.03	7.81
10	OCTUBRE	6.34	4.59	8.09
11	NOVIEMBRE	6.56	4.90	7.87
12	DICIEMBRE	5.73	4.05	8.17
13	ANUAL	6.15	4.80	7.80

Fuente: SENAMHI (17).

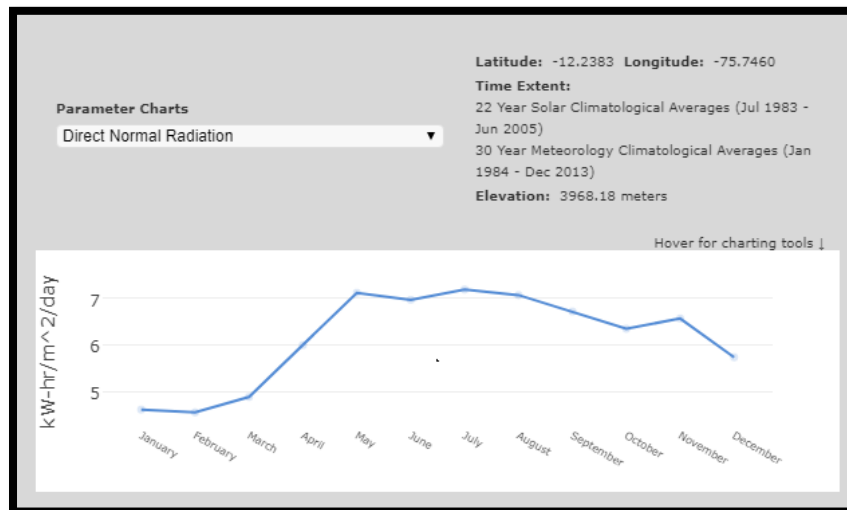


Figura 17. Radiación directa según NASA.

Fuente: Portal POWER Data Access Viewer (18).

- B. Datos de radiación solar promedio por mes en los últimos 5 años según NASA:

Los siguientes datos fueron obtenidos de la aplicación Visor POWER Data Access Viewer de NASA (tabla 6).

Tabla 6. Niveles de radiación solar en los últimos 5 años.

NIVELES DE RADIACIÓN SOLAR					
MES	2014	2015	2016	2017	2018
ENE	7.20	7.04	6.97	7.38	7.21
FEB	7.21	7.22	7.35	7.32	7.22
MAR	7.04	7.21	7.17	7.35	7.31
ABR	6.86	7.05	6.92	6.90	6.91
MAY	6.43	6.71	6.39	6.86	6.37
JUN	6.09	6.08	6.02	6.27	6.28
JUL	6.20	5.79	5.72	5.95	6.23
AGO	6.21	6.10	6.29	6.10	6.49
SET	6.81	6.72	6.52	6.80	6.45
OCT	6.91	6.93	6.73	6.87	7.05
NOV	6.87	6.90	6.42	6.88	6.85
DIC	7.18	7.06	7.07	6.89	6.82

Fuente: elaboración propia.

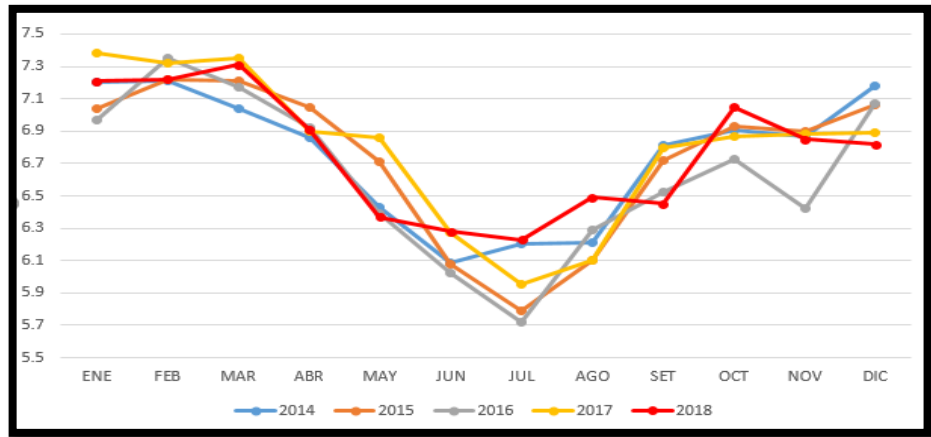


Figura 18. Radiación solar de los últimos 5 años - NASA.

Fuente: elaboración propia.

C. Datos según el mapa solar:

En la tabla 6, que se muestra a continuación, se puede observar los datos de radiación solar incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima, de manera mensual. Estos datos se obtuvieron tomando en cuenta la ubicación de la Institución Educativa con respecto a los mapas de radiación del Atlas de Energía Solar del Perú, que fue redactado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Tabla 7. Niveles de radiación según SENAMHI.

NIVELES DE RADIACIÓN SOLAR		
	MES	RADIACIÓN SOLAR (kWh/m <sup>2</sup> )
01	ENERO	5.0 - 5.5
02	FEBRERO	5.5 - 6.0
03	MARZO	6.0 - 6.5
04	ABRIL	6.0 - 6.5
05	MAYO	5.5 - 6.0
06	JUNIO	5.0 - 5.5
07	JULIO	5.5 - 6.0
08	AGOSTO	5.5 - 6.0
09	SETIEMBRE	6.0 - 6.5
10	OCTUBRE	6.5 - 7.0
11	NOVIEMBRE	6.5 - 7.0
12	DICIEMBRE	5.0 - 5.5
	PROMEDIO	5.6 - 6.16

Fuente: SENAMHI (17).



Los mapas de radiación solar brindados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) son una fuente segura y confiable de información, pues cuenta con diversas estaciones meteorológicas en todo el Perú (cerca de 370 estaciones a nivel nacional). Esta información es importante para la estimación de la radiación promedio mensual de cualquier departamento del país.

D. Datos de la estación meteorológica Vilca - SENAMHI:

Los siguientes datos de radiación solar fueron elaborados en base a la información de temperatura de la estación meteorológica Vilca, ubicada en la sierra de Lima, mediante el modelo de Bristow-Campbell, la cual es recomendado por Baigorria, en 2003, en el atlas de energía solar del Perú (Detallados en la figura 19).

Tabla 8. *Datos de la Estación Meteorológica de Vilca.*

RADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL - SENAMHI						
MES	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ENE	---	5.02	5.33	4.83	5.09	5.06
FEB	---	5.47	5.44	5.32	5.59	5.40
MAR	---	5.90	6.04	5.56	5.90	5.65
ABR	---	6.07	6.29	6.10	6.37	6.08
MAY	---	6.36	6.51	6.34	6.69	6.52
JUN	---	6.55	6.69	6.60	6.86	6.76
JUL	---	6.55	6.77	6.95	6.78	---
AGO	6.65	6.50	6.47	6.86	6.70	---
SET	6.13	6.03	6.30	6.13	6.39	---
OCT	5.60	5.78	5.74	5.71	5.52	---
NOV	5.27	5.38	5.58	5.61	5.37	---
DIC	4.98	5.01	5.06	5.10	5.22	---

Fuente: elaboración propia.

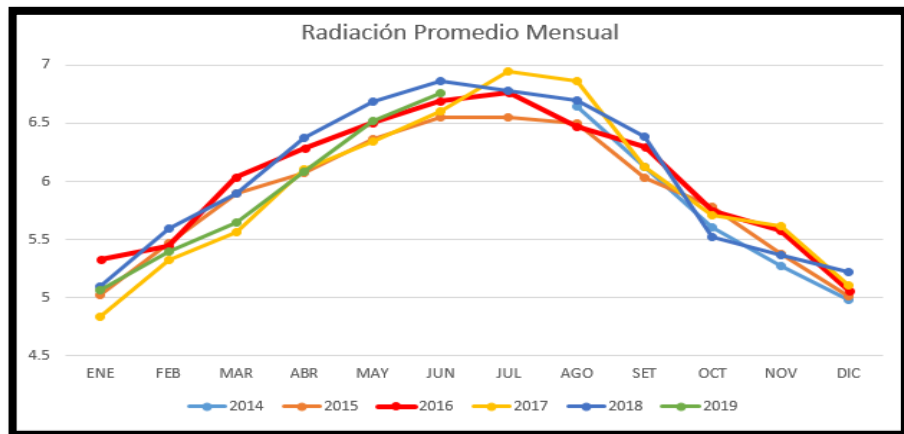


Figura 19. Radiación promedio mensual (kWh/m<sup>2</sup> - año).

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.9. Energía solar: ventajas y desventajas

La energía fotovoltaica posee numerosas ventajas para su utilización, pero a la vez, posee desventajas que hacen que su implementación no se de en un 100 % de cobertura a nivel nacional.

Ventajas:

- La generación de energía fotovoltaica no contamina el medio ambiente, al ser una fuente de energía renovable, no genera CO<sub>2</sub> ni gases invernaderos.
- Su fuente principal de energía, es la radiación solar. No presenta gastos al momento de la generación de electricidad.
- Son una buena opción de generación frente a las energías convencionales, pues abastecen de igual manera la demanda eléctrica.
- En lugares donde no existen servicios de electricidad (sistemas aislados), se presentan como la mejor opción para abastecer cargas pequeñas.

Desventajas:

- El costo de inversión es elevado: las baterías, al ser especiales, tienen un alto costo, al igual que los paneles y el regulador de carga.

- Son equipos muy delicados: Sin un buen mantenimiento, ni la manipulación adecuada, el sistema fallará antes del tiempo previsto, lo que originará un mayor costo de operación.
- Los paneles solares emplean un amplio espacio para la generación de energía. Es por ello que, por lo general, se instalan en techos de viviendas (en los sistemas aislados) y en grandes terrenos para la generación comercial.

#### 2.2.10. Central eléctrica fotovoltaicas en el Perú

“En el Perú, existen 7 centrales eléctricas fotovoltaicas según el OSINERGMIN, las cuales se encuentran interconectadas al SEIN para el abastecimiento de demanda eléctrica” (19), lo cual se observa en las figuras 20 - 26.

##### a) Central Solar Intipampa (40 MW):

EMPRESA CONCESIONARIA		ENGIE ENERGÍA PERÚ S.A.
DESCRIPCIÓN		La central tiene una capacidad de 40 MW, que se obtiene mediante la instalación de 138 120 módulos fotovoltaicos de 320 W. La conexión al SEIN se realiza a través de una derivación tipo "PI" de la L.T. 138 kV S.E. Moquegua - S.E. Mill Site.
UBICACIÓN		
Departamento		Moquegua
Provincia		Mariscal Nieto
Distrito		Moquegua
Altitud		1 410 msnm
DATOS DE LA CENTRAL		
Potencia Instalada		40 MW
Nº de Módulos en serie		30
Tipo de Módulos		Policristalino
Potencia de Módulos		320 – 325 W
Nº de Inversores		18
Tipo de Inversores		-
Potencia de Inversores		2,35 MVA
Tensión de Salida de Inversores		0,66 kV - AC
Tipo de Estructura		Seguidor horizontal de 1 eje
Ángulo de Seguimiento		55°
Nº de Centros de Transformación		-
Potencia por Centro de Transfor.		4,7 MVA
Relación de Transformación		0,66/22,9 kV
DATOS DEL TRANSFORMADOR		T1
Potencia Nominal		50 MVA
Relación de Transformación		22.9/138 kV
Marca		-
Año de Fabricación		-

Figura 20. Datos técnicos de la Central Intipampa.

Fuente: OSINERGMIN (19).

b) Central Solar Rubí (20 MW):

<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>		ENEL GREEN POWER PERÚ S.A.	
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
La central tendrá una capacidad de 144,48 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 560880 módulos fotovoltaicos de 320 W. La conexión al SEIN se realizará a través de la L.T. 220 kV S.E. Rubí - S.E. Montalvo, de simple circuito de 21,51 km.			
<b>UBICACIÓN</b>			
Departamento	Moquegua		
Provincia	Mariscal Nieto		
Distrito	Moquegua		
Altitud	1 410 msnm		
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>			
Potencia Instalada	144,48 MW		
Nº de Módulos en serie	30		
Tipo de Módulos	Reisen		
Potencia de Módulos	320 W		
Nº de Inversores	164		
Tipo de Inversores	Fimer R11015TL		
Potencia de Inversores	1,025 MVA		
Tensión de Salida de Inversores	0,4 kV - AC		
Tipo de Estructura	Seguidor Horizontal de 1 eje		
Ángulo de Seguimiento	45°		
Nº de Centros de Transformación	41		
Potencia por Centro de Transfor.	3,524 MW		
Relación de Transformación	0,4/33 kV		
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>		<b>T1</b>	<b>T2</b>
Potencia Nominal	70/90 MVA	70/90 MVA	
Relación de Transformación	33/220 kV	33/220 kV	
Marca	Chint Eléctric	Chint Eléctric	
Año de Fabricación	2017	2017	

Figura 21. Datos técnicos de la Central Rubí.

Fuente: OSINERGMIN (19).

c) Central Solar Moquegua FV (16 MW):

<b>DENOMINACIÓN</b>	MOQUEGUA FV
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	MOQUEGUA FV S.A.C.
<b>TECNOLOGÍA</b>	Solar Fotovoltaica – Módulos Móviles
<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	Moquegua
Provincia	Mariscal Nieto
Distrito	Moquegua
Altitud	1 410 msnm
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Potencia Instalada	16 MW
Punto de Oferta	Barra 138 kV S.E. Ilo ELP
Barra de Conexión	Barra de 23 kV - S.E. Panamericana Solar
Cantidad de Centros de Transformación (C.T.)	16 (1 250 kVA c/u)
Nivel de Tensión de Transformadores de C.T.	0,3/23 kV
Cantidad de Inversores	26 (24 x 625 kW + 2 x 500 kW)
Tensión de Entrada a Inversores (1Ø)	0,5 - 0,825 kV – DC (Corriente Continua)
Tensión de Salida de Inversores (3Ø)	0,3 kV – AC (Corriente Alterna)
Factor de planta	30,5%
<b>DATOS DE CONTRATO</b>	
Firma de Contrato	30.09.2011
Puesta en Operación Comercial (POC)	31.12.2014
Energía Anual Ofertada	43 000 MWh
Precio de la Energía Ofertado	11,99 Cts. US\$/kWh

Figura 22. Datos técnicos de la Central Moquegua FV.

Fuente: OSINERGMIN (19).

d) Central Solar Panamericana Solar (20 MW):

DENOMINACIÓN	CENTRAL MAJES SOLAR 20T
EMPRESA CONCESIONARIA	GRUPO T SOLAR GLOBAL S.A.
TECNOLOGÍA	Solar Fotovoltaica – Módulos Fijos
UBICACIÓN	
Departamento	Arequipa
Provincia	Caylloma
Distrito	Majes
Altitud	1 680 msnm
DATOS TÉCNICOS	
Potencia Instalada	20 MW
Punto de Oferta	Barra de Repartición 138 kV
Cantidad de Módulos Fotovoltaicos	55 704 (Módulos de 350, 370, 390 y 410 W)
Cantidad de Centros de Transformación	16 (1 250 kW c/u)
Nivel de Tensión de Transformadores Secos	0,3/23 kV (1,4 MVA)
Cantidad de Inversores	32 (625 kW c/u)
Tensión de Entrada a Inversores (1Ø)	0,5 - 0,825 kV– DC (Corriente Continua)
Tensión de Salida de Inversores (3Ø)	0,3 kV– AC (Corriente Alterna)
Factor de Planta	21,5%
DATOS DE CONTRATO	
Firma de Contrato	31.03.2010
Puesta en Operación Comercial (POC)	31.10.2012
Energía Anual Ofertada	37 630 MWh
Precio de la Energía Ofertado	22,25 Ctps US\$/kWh

Figura 23. Datos técnicos Central Panamericana Solar.

Fuente: OSINERGMIN (19).

e) Central Solar Majes 20T (20 MW):

DENOMINACIÓN	CENTRAL MAJES SOLAR 20T
EMPRESA CONCESIONARIA	GRUPO T SOLAR GLOBAL S.A.
TECNOLOGÍA	Solar Fotovoltaica – Módulos Fijos
UBICACIÓN	
Departamento	Arequipa
Provincia	Caylloma
Distrito	Majes
Altitud	1 680 msnm
DATOS TÉCNICOS	
Potencia Instalada	20 MW
Punto de Oferta	Barra de Repartición 138 kV
Cantidad de Módulos Fotovoltaicos	55 704 (Módulos de 350, 370, 390 y 410 W)
Cantidad de Centros de Transformación	16 (1 250 kW c/u)
Nivel de Tensión de Transformadores Secos	0,3/23 kV (1,4 MVA)
Cantidad de Inversores	32 (625 kW c/u)
Tensión de Entrada a Inversores (1Ø)	0,5 - 0,825 kV– DC (Corriente Continua)
Tensión de Salida de Inversores (3Ø)	0,3 kV– AC (Corriente Alterna)
Factor de Planta	21,5%
DATOS DE CONTRATO	
Firma de Contrato	31.03.2010
Puesta en Operación Comercial (POC)	31.10.2012
Energía Anual Ofertada	37 630 MWh
Precio de la Energía Ofertado	22,25 Ctps US\$/kWh

Figura 24. Datos técnicos Central Solar Majes.

Fuente: OSINERGMIN (19).

f) Central Solar Repartición 20T:

<b>DENOMINACIÓN</b>	CENTRAL SOLAR REPARTICIÓN 20T
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	GRUPO T SOLAR GLOBAL S.A.
<b>TECNOLOGÍA</b>	Solar Fotovoltaica – Módulos Fijos
<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	Arequipa
Provincia	Caylloma
Distrito	La Joya
Altitud	1 187 msnm
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Potencia Instalada	20 MW
Punto de Oferta	Barra de Repartición 138 kV
Cantidad de Módulos Fotovoltaicos	55 704 (Módulos de 350, 370, 390 y 410 W)
Cantidad de Centros de Transformación	16 (1 250 kW c/u)
Nivel de Tensión de Transformadores Secos	0,3/23 kV-1,4 MVA
Cantidad de Inversores	32 (625 kW c/u)
Tensión de Entrada a Inversores (1Ø)	0,5 - 0,825 kV – DC (Corriente Continua)
Tensión de Salida de Inversores (3Ø)	0,3 kV – AC (Corriente Alterna)
Factor de Planta	21,4%
<b>DATOS DE CONTRATO</b>	
Firma de Contrato	31.03. 2010
Puesta en Operación Comercial (POC)	31.10.2012
Energía Anual Ofertada	37 440 MWh
Precio de la Energía Ofertado	22,3 Ctsv. US\$/kWh

Figura 25. Datos técnicos Central Repartición 20T.

Fuente: OSINERGMIN (19).

g) Central Solar Tacna Solar:

<b>DENOMINACIÓN</b>	CENTRAL TACNA SOLAR
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	TACNA SOLAR S.A.C.
<b>TECNOLOGÍA</b>	Solar Fotovoltaica – Módulos Móviles
<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	Tacna
Provincia	Tacna
Distrito	Tacna
Altitud	560 msnm
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Potencia Instalada	20 MW
Punto de Oferta	Barra Los Héroes 66 kV
Cantidad de Módulos Fotovoltaicos	74 988 (290 W pico c/u)
Cantidad de Seguidores Solares	182
Cantidad de Centros de Transformación (C.T.)	16 (1,25 MW c/u)
Nivel de Tensión de Transformadores de C.T.	0,3/23 kV (1,25 MVA)
Cantidad de Inversores	32 (625 kW c/u)
Tensión de Entrada a Inversores (1Ø)	0,5 - 0,825 kV – DC (Corriente Continua)
Tensión de Salida de Inversores (3Ø)	0,3 kV – AC (Corriente Alterna)
Factor de Planta	26,9%
<b>DATOS DE CONTRATO</b>	
Firma de Contrato	31.03. 2010
Puesta en Operación (POC)	31.10.2012
Energía Anual Ofertada	47 196 MWh
Precio de la Energía Ofertado	22,5 Ctsv. US\$/kWh

Figura 26. Datos técnicos Central Tacna Solar.

Fuente: OSINERGMIN (19).

### 2.2.11. La energía fotovoltaica en el Perú

“El 28 de noviembre de 2014, el Ministerio de Energía y Minas presentó al país una propuesta de Plan Energético Nacional 2014-2025, con el objetivo de recibir aportes y analizar el papel que el sector energético debía desempeñar para apoyar el desarrollo del país” (20).

“La formulación de una política energética que promueva el desarrollo sostenible del país requiere la participación de todos los actores involucrados debido a la magnitud de las interacciones del sistema energético con la economía, la sociedad, el medio ambiente y la política. Estos actores son al mismo tiempo protagonistas y destinatarios de la política energética y pueden incluir a los poderes del Estado, las entidades representativas, las empresas, los trabajadores y la sociedad en su conjunto” (20).

“Además, la definición de un Plan de Energía permite establecer una visión a largo plazo del sector energético, considerando tanto la demanda futura como las tecnologías disponibles para la generación y distribución de energía. Esto facilita la toma de decisiones y la planificación de inversiones a largo plazo por parte de las empresas y el Estado, lo que a su vez contribuye al desarrollo económico del país” (20).

“Otras oportunidades que brinda la definición de un Plan de Energía incluyen la identificación de barreras y obstáculos que limitan el desarrollo del sector energético, la promoción de la innovación tecnológica y el fomento de la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovable. Todo ello con el fin de lograr un sistema energético más eficiente, sostenible y respetuoso con el medio ambiente” (20).

“Es importante destacar que la formulación de políticas energéticas debe considerar no solo la disponibilidad y el costo de los recursos energéticos, sino también los impactos ambientales y sociales asociados a su explotación y uso. El cambio climático es un desafío global que requiere acciones concretas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y esto implica una transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables” (20).

“Es cierto que el plan presentado por el Ministerio de Energía y Minas en 2014 no parece tener objetivos suficientemente ambiciosos en cuanto a la reducción de emisiones y la transición hacia fuentes de energía más limpias. Sin embargo, es posible que el plan haya sido actualizado desde entonces para abordar estos desafíos de manera más efectiva. Es importante que las políticas energéticas estén sujetas a una revisión y actualización periódica para asegurarse de que sigan siendo adecuadas y relevantes” (20).

#### 2.2.12. Componentes de un sistema fotovoltaico

Por lo general, un sistema fotovoltaico está conformado por son:

##### A. Paneles solares:

###### - Definición:

“La tensión en circuito abierto, por otro lado, aumenta cuando la temperatura disminuye y es independiente de la intensidad de la radiación. Además, la potencia máxima que se puede obtener de la célula se alcanza cuando la carga externa coincide con la resistencia interna de la célula. En la práctica, las células fotovoltaicas se conectan en serie y/o en paralelo para formar paneles solares capaces de generar la potencia eléctrica requerida para una determinada aplicación” (21).

“La temperatura tiene una relación proporcional con la tensión en vacío, disminuyendo la tensión al incrementar la temperatura. Ello se observa en la figura 27” (21).

“En resumen, en un cortocircuito la corriente generada es máxima, mientras que en un circuito abierto la tensión generada es máxima. En ambas situaciones, la potencia extraíble es nula debido a la falta de corriente en el caso del circuito abierto y la falta de tensión en el caso del cortocircuito” (21).



“Los módulos fotovoltaicos típicos constan de 60 células conectadas en serie en una secuencia N-P-N-P-N mediante terminales en los contactos anteriores y posteriores para formar cadenas” (21).

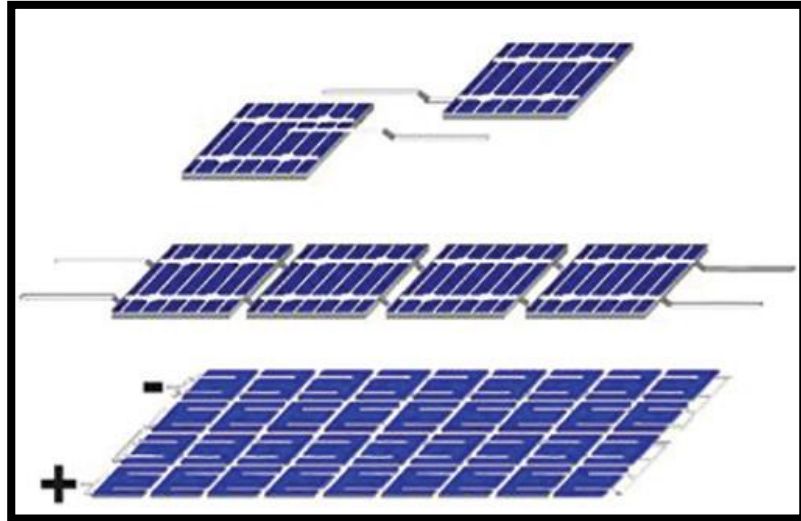


Figura 27. Células solares.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

“El módulo fotovoltaico consta de un plano de células como parte central, rodeado por una placa de vidrio con buena resistencia mecánica y transmitancia. A continuación, se encuentra una hoja de EVA para el aislamiento dieléctrico del plano de células, seguida de otra hoja de EVA y una lámina aislante de Tedlar” (21).

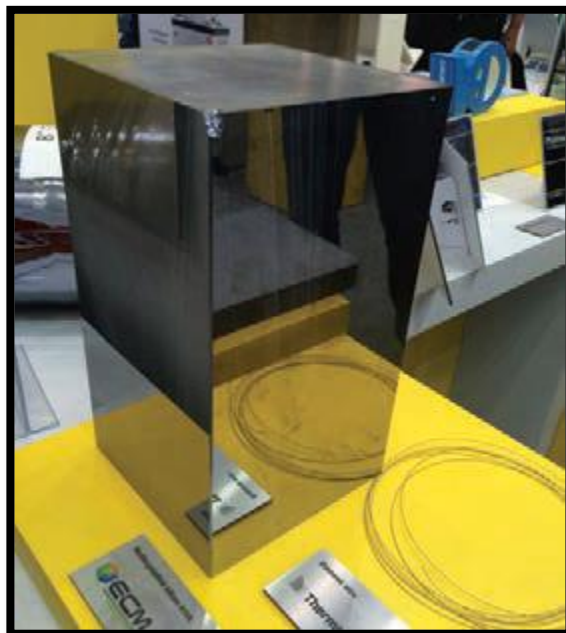
“El sándwich se calienta en un horno a 100°C para sellar los componentes y eliminar el aire interno. El EVA translúcido se vuelve transparente durante este proceso. Luego, el sándwich se encapsula en un marco de aluminio extruido anodizado y se instala la caja de conexiones” (21).

“La célula fotovoltaica típica tiene un espesor de entre 0.25 y 0.35 mm y se compone comercialmente de silicio monocristalino o policristalino. Tiene forma cuadrada con una superficie de alrededor de 100 cm<sup>2</sup> y produce una corriente continua de 3-4 A y

una tensión de 0.5 V a una temperatura de 25°C con una radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>. La potencia resultante es de 1.5 - 2 Wp” (21).

“La eficiencia de conversión de células comerciales de silicio es del 13 % al 17 %, mientras que las especiales de laboratorio han alcanzado el 32.5 %. La comparación se hace en condiciones estándar de referencia, llamado vatio pico (Wp). El proceso de fabricación implica pulir la oblea con un baño de sosa y doparla con átomos de fósforo para realizar la unión P-N y convertirla en una célula fotovoltaica” (21).

“Para realizar la unión P-N y convertir la oblea en una célula fotovoltaica, se hace pasar lentamente la rebanada en un horno con ácido ortofosfórico. Luego se aplica una capa antirreflectante y se hacen los contactos eléctricos anteriores y posteriores por serigrafía o electrodeposición. La célula se prueba con simulación de las condiciones estándar de insolación para clasificarla y agruparla según sus características eléctricas” (21). Ello se observa en las figuras 28 y 29.



*Figura 28.* Lingote de silicio multicristalino.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).



Figura 29. Diferentes tecnológicas de células solares.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Tipos:

▪ Células de silicio amorfo:

“El silicio produce un gas durante su transformación que se proyecta sobre una lámina de vidrio, lo que resulta en una célula solar gris muy oscuro. Estas células fueron las primeras en ser fabricadas debido a que se pueden utilizar los mismos métodos de fabricación que los diodos” (21).

Ventajas (21):

- Funciona con baja luz difusa (incluso en días con nubes).
- Es menos costosa que otras tecnologías. Integración en soporte rígido o flexible.

Desventajas (21):

- Rendimiento del 5 % al 7 %, a sol pleno.
- Rendimiento que decrece con el tiempo (~7 %)



*Figura 30.* Células de silicio amorfo.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

▪ Célula de silicio monocristalino:

“Después de que el silicio fundido se enfría, se solidifica en un único cristal de grandes dimensiones que se corta en delgadas capas para crear las células solares. Estas células suelen ser de color azul uniforme (21)”. Ello se observa en la figura 31.

Ventajas (21):

- Buen rendimiento (desde 16 % al 18 %).
- Buena relación superficie-potencia ( $\sim 170 \text{ Wp/m}^2$ , lo que ahorra espacio de ser necesario).
- Muchos fabricantes.

Desventajas (21):

- Costo elevado.



Figura 31. Célula de silicio monocristalino.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Curva característica y parámetros de un módulo fotovoltaico:

“Cuando una célula fotovoltaica está expuesta a una irradiación en  $W/m^2$  y está conectada a una carga externa, funciona como generador de energía y produce valores de corriente y tensión que varían según la temperatura y la irradiación” (21).

- Potencial nominal o máxima (PMÁX): “la potencia nominal o máxima (PMÁX), también conocida como potencia pico, es el valor máximo de potencia que se puede obtener de un módulo solar. Se calcula multiplicando la tensión máxima y la corriente máxima de salida del panel” (21).
- Tensión en circuito abierto (VOC): “la tensión en circuito abierto (VOC) es el voltaje máximo que se puede medir en un módulo solar cuando no hay flujo de corriente a través de él, es decir, cuando la corriente es igual a cero amperios” (21).
- Intensidad de cortocircuito (ISC): “la intensidad de cortocircuito (ISC) es el valor máximo de corriente que se puede obtener de un módulo solar cuando la tensión de salida es cero voltios” (21).

- Tensión en el punto de máxima potencia (VMP o VMÁX): “la tensión en el punto de máxima potencia (VMP o VMÁX) es el valor de tensión en el punto en el que se produce la potencia máxima o potencia pico de un módulo solar. Suele ser alrededor del 80 % de la tensión de circuito abierto (VOC). También se abrevia como VMP” (21).
- Intensidad de corriente máxima (IM o IMÁX): “la intensidad de corriente máxima (IM o IMÁX) es el valor de corriente en el punto de máxima potencia o potencia pico de un módulo solar. Se abrevia comúnmente como IMP” (21).
- Temperatura de operación nominal de la célula (NOCT): “la temperatura de operación nominal de la célula (NOCT) es la temperatura a la que operan las células solares de un módulo en condiciones normales de operación, que generalmente se miden a 20°C de temperatura ambiente e irradiancia de 800W/m<sup>2</sup>. La NOCT está relacionada directamente con la temperatura de las células a una temperatura ambiente específica, y cuanto más baja sea la temperatura del módulo, mejor funcionará y más potencia entregará” (21).
- Factor de forma (FF, del inglés Fill Factor): “el Factor de Forma es la relación entre la potencia máxima de un módulo solar y el producto de la intensidad de cortocircuito (ISC) y la tensión en circuito abierto (VOC). Un valor alto de FF indica una célula de mejor calidad, mientras que un valor bajo de FF indica la presencia de pérdidas de eficiencia en el dispositivo. Una célula de buena calidad suele tener un FF superior a 0.70 (21)”. Se observa ello en la figura 31.

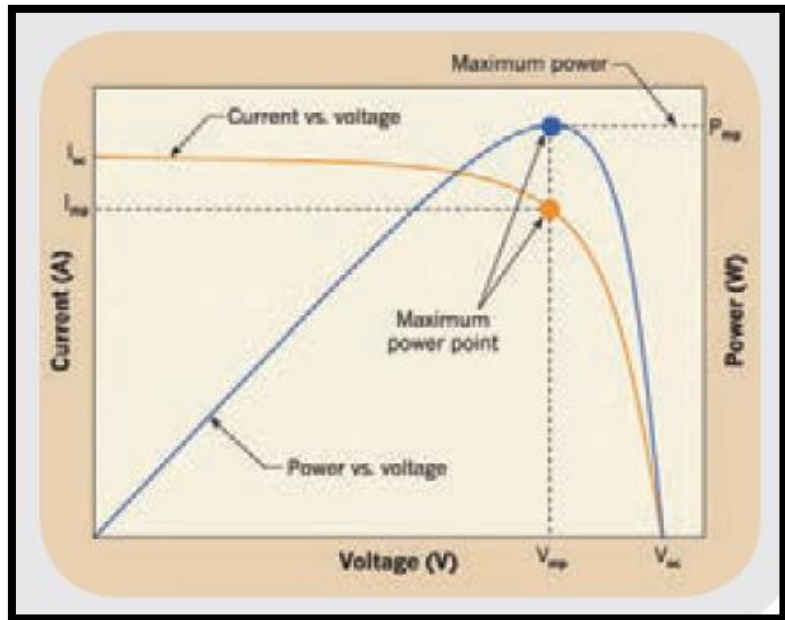


Figura 32. Curva característica tensión - corriente - potencia de un módulo fotovoltaico.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Cálculos para el número de paneles fotovoltaicos:

Para que el sistema de generación fotovoltaico reciba la mayor radiación posible, las celdas deberán tener una inclinación óptima de (22):

$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 \times L)$$

Donde:

\* $\beta_{opt}$ : inclinación óptima para una celda fotovoltaica (°).

La distancia mínima entre celdas fotovoltaicas, teniendo en cuenta la inclinación óptima, estará determinada por la siguiente fórmula (22):

$$X = L_{panel} \times \cos(\beta_{opt})$$

$$Y = L_{panel} \times \sin(\beta_{opt})$$

$$d' = \frac{Y}{\text{Tg}(61 - L)}$$

$$D_{\min} = d' + X$$

Donde:

\* Dmin: distancia mínima entre paneles fotovoltaicos (m).

Para calcular el número de paneles fotovoltaicos en paralelo, se tiene en cuenta la corriente total del sistema fotovoltaico y la corriente máxima que de un panel fotovoltaico (23):

$$N^{\circ}_{PP} = \frac{I_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}{I_{\text{pico del panel}}}$$

Para calcular el número de paneles fotovoltaicos en serie, se tiene en cuenta la tensión del sistema fotovoltaico y la tensión nominal de un panel fotovoltaico (23):

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}{V_{\text{Nominal del panel}}}$$

El número total de paneles solares fotovoltaicos se obtiene multiplicando el número de paneles fotovoltaicos en paralelo con el número de paneles fotovoltaicos en serie (23):

$$N^{\circ}_{\text{Total de paneles}} = N^{\circ}_{PP} \times N^{\circ}_{PS}$$

- Eficiencia:

“La eficiencia del módulo fotovoltaico se mide en porcentaje y representa la relación entre la potencia eléctrica que el módulo genera y la potencia de la radiación solar que incide sobre él. Estos valores se obtienen en Condiciones Estándar de Medida (CEM). La cantidad de potencia eléctrica generada por el módulo depende de varios factores, incluyendo la radiación solar, la temperatura, el ángulo de inclinación con los rayos solares y la carga eléctrica que se alimente” (21).



“En la mayoría de los casos, para evitar el cálculo de intensidades medias de radiación, se asume que la temperatura media de trabajo de las células solares es 20°C más alta que la temperatura ambiente, lo que es una buena aproximación. Los módulos solares están disponibles en diferentes tamaños, como 36 y 72 células, y se clasifican por su voltaje, como 12V y 24V. Estos módulos se utilizan comúnmente en instalaciones autónomas que funcionan con baterías, diseñadas para su uso en sistemas de aislamiento” (detalladas en las figuras 33 y 34) (21).

“Los módulos solares de 36 células pueden generar potencias que van desde los 5 W hasta los 140 W, mientras que los módulos de 72 células generan entre 150 W y 200 W. Además, existen módulos solares de 60 células, que están conectados para producir una alta potencia, pero con un voltaje más bajo, cercano a 30V. Inicialmente, estos módulos se utilizaban para instalaciones de conexión a la red eléctrica, pero su producción en masa ha reducido los costos, y ahora son los más utilizados. Para usar este tipo de módulos, se requiere un regulador MPPT en lugar del tipo PWM, que se encarga de maximizar la producción de los módulos en todo momento, adaptando la tensión de salida, independientemente de la tensión de entrada del campo solar. Esto permite una carga correcta y una igualación de las baterías” (21).

“Durante la generación de energía eléctrica fotovoltaica, dos factores que pueden tener un impacto significativo en la producción eléctrica son la radiación solar incidente y la temperatura del panel o célula. La producción de energía de un módulo solar es directamente proporcional a la radiación solar incidente, por lo tanto, si la radiación solar es baja, la potencia de salida del módulo será menor” (21).

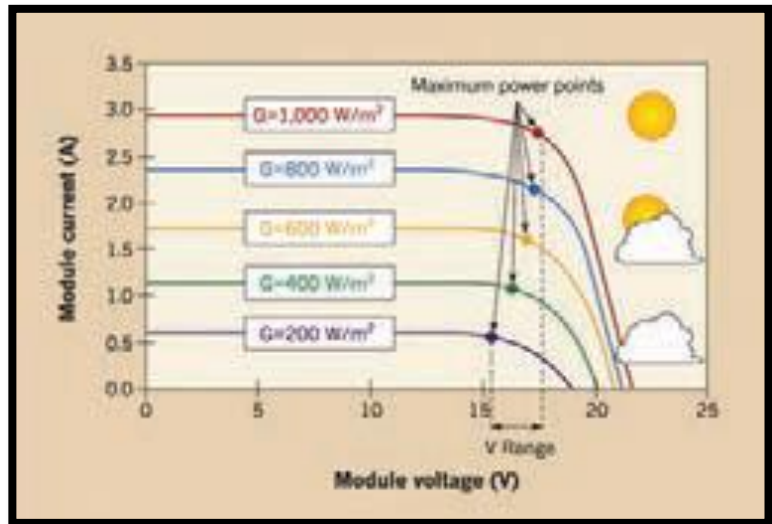


Figura 33. Variación Curva V - I con la radiación.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

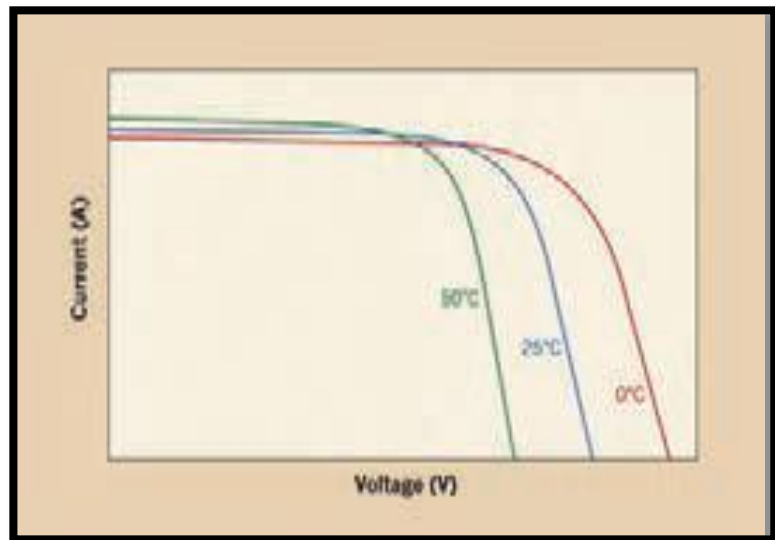


Figura 34. Variación rendimiento con la temperatura.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Conexión:

“Cuando se calcula la potencia necesaria para una instalación fotovoltaica, a menudo se requiere la combinación de varios módulos solares fotovoltaicos. Estos módulos se pueden conectar en serie o en paralelo, o en una combinación de ambos, para adaptar el voltaje y/o la intensidad a los requerimientos del

regulador y/o inversor. Varios módulos conectados en serie se conocen como una cadena o string, y varios strings conectados en paralelo forman un campo o array. Es importante seleccionar módulos que tengan las mismas curvas I-V y evitar desequilibrios y pérdidas de rendimiento en el conjunto” (21).

- Conexión en serie:

“En la conexión en serie, los módulos se conectan en cadena, con el terminal positivo de un módulo conectado al terminal negativo del siguiente y así sucesivamente, hasta que se completa la serie. La salida del string se obtiene del terminal positivo del primer módulo y el terminal negativo del último. En esta configuración, la corriente se mantiene constante e igual a la de un módulo, mientras que la tensión es igual a la suma de las tensiones de los módulos conectados. Si la tensión resultante del string supera los 75V en corriente continua, se considera una tensión peligrosa para las personas” (21). Se observa el ejemplo de la conexión en serie en la figura 35.

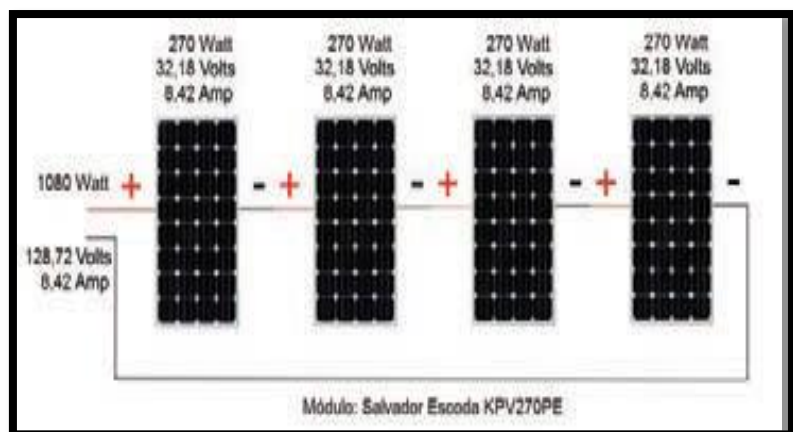


Figura 35. Conexión en serie de paneles solares.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

Se presenta la ecuación del voltaje total en un sistema en serie:

$$V_{TOTAL} = V_{P1} + V_{P2} + V_{P3} + V_{P4}$$

Donde:

\* $V_{TOTAL}$ : tensión total del sistema.

\* $V_{P1}$ : tensión del panel solar uno.

\* $V_{P2}$ : tensión del panel solar dos.

\* $V_{P3}$ : tensión del panel solar tres.

\* $V_{P4}$ : tensión del panel solar cuatro.

Se presenta la ecuación de la corriente eléctrica en un sistema en serie:

$$I_{TOTAL} = I_{P1} = I_{P2} = I_{P3} = I_{P4}$$

Donde:

\* $I_{TOTAL}$ : corriente total de la instalación.

\* $I_{P1}$ : corriente del panel uno.

\* $I_{P2}$ : corriente del panel dos.

\* $I_{P3}$ : corriente del panel tres.

\* $I_{P4}$ : corriente del panel cuatro.

- **Conexión en paralelo:**

“En esta configuración, la tensión se mantiene constante e igual a la de un solo módulo. Como se puede observar en la figura, si uno de los módulos de la cadena tiene una menor producción que los demás, el resto de módulos pueden compensarlo al estar conectados en paralelo. Esta conexión se utiliza cuando se necesita una corriente alta y la tensión resultante no supera los 75V en corriente continua, por lo que no hay riesgo para las personas” (21). Ello se observa la conexión en la figura 36.

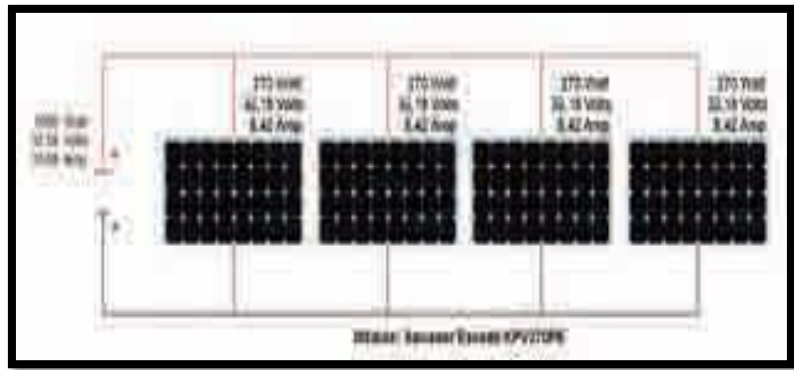


Figura 36. Conexión en paralelo de paneles solares.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

Se presenta la ecuación del voltaje en un sistema en paralelo:

$$V_{TOTAL} = V_{G1} + V_{G2} = V_{G3} + V_{G4}$$

Donde:

\* $V_{TOTAL}$ : tensión total del sistema.

\* $V_{P1}$ : tensión del panel solar uno.

\* $V_{P2}$ : tensión del panel solar dos.

\* $V_{P3}$ : tensión del panel solar tres.

\* $V_{P4}$ : tensión del panel solar cuatro.

Se presenta la ecuación de la corriente en un sistema en paralelo:

$$I_{TOTAL} = I_{G1} + I_{G3} = I_{G2} + I_{G4}$$

Donde:

\* $I_{TOTAL}$ : corriente total de la instalación.

\* $I_{P1}$ : corriente del panel uno.

\* $I_{P2}$ : corriente del panel dos.

\* $I_{P3}$ : corriente del panel tres.

\* $I_{P4}$ : corriente del panel cuatro.

- Soporte:

“Además, es importante que la estructura de soporte esté diseñada específicamente para la ubicación geográfica donde se instalará el sistema fotovoltaico, por ejemplo, en zonas con alta exposición a vientos fuertes, la estructura debe ser más resistente para soportar cargas adicionales. También es importante que la estructura esté diseñada para minimizar la sombra que pueda generar sobre los módulos, ya que esto podría reducir significativamente la producción de energía. En general, la estructura de soporte debe estar diseñada y fabricada de acuerdo con los estándares y regulaciones locales, y ser instalada por personal capacitado y experimentado para garantizar su correcta instalación y funcionamiento (ver figura 37). Es necesario calcular para poder soportar cargas extremas por diferentes factores climatológicos (el viento, la nieve, etc.), según el CTE apartado SE-AE Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación. (como mínimo 2.000N y 2.500N con tornillos inoxidables)” (21).



*Figura 37.* Soportes de un panel solar.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

“Es importante conectar la estructura y los marcos metálicos de los módulos solares a una toma de tierra para garantizar la seguridad eléctrica de la instalación. Esta debe cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión, MIE BT - 039. Para las instalaciones integradas en la cubierta de un edificio, se deben cumplir las regulaciones del Código Técnico de la Edificación y otras normativas aplicables en cuanto a la estructura y la impermeabilización entre los módulos (ver figura 38). La estructura y el sistema de fijación de módulos deben permitir dilataciones térmicas y no transmitir cargas que afecten la integridad de los módulos. Debe seguirse las indicaciones del fabricante y considerar la facilidad de montaje y desmontaje, y posibles sustituciones de elementos” (21).



*Figura 38.* Sujeción universal.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

## B. Baterías:

### - Definición:

“La radiación solar es variable, por lo que en sistemas fotovoltaicos aislados se requiere almacenamiento de energía mediante baterías para disponer de ella en momentos de baja generación”.

“Los elementos mencionados convierten la energía química en energía eléctrica a través de dos electrodos con diferentes materiales, aislados eléctricamente y sumergidos en un electrolito conductor iónico”

“La batería consta de dos electrodos de materiales diferentes sumergidos en un electrolito conductor iónico, que puede ser sólido, líquido o en gel, siendo normalmente una solución acuosa. En las baterías recargables, el proceso químico es reversible, permitiendo la transformación de la energía eléctrica en energía química, lo que permite almacenarla”.

“La elección de la batería para un sistema fotovoltaico afecta al diseño de la instalación y es importante considerar sus características según el tipo de cargas, la potencia y los ciclos de consumo previstos” (24).

### - Tipos:

#### ▪ Baterías abiertas:

“Las baterías de plomo-ácido son comunes en sistemas fotovoltaicos debido a su menor costo y a la familiaridad pública con las baterías de automóviles. Están compuestas por aleaciones de plomo y ácido sulfúrico como electrolito, y las placas están hechas de una aleación de plomo con otro material para aumentar su resistencia física” (24).



“Las baterías de plomo-antimonio-ácido tienen una mayor profundidad de descarga sin dañar las placas, lo que se traduce en una vida útil más larga. Esto se debe a la mezcla de plomo con antimonio en las placas, lo que las hace adecuadas para un uso de ciclo profundo” (24).

- Baterías cerradas:

- Baterías de gel:

“Estas baterías a las que se hace referencia son las baterías de plomo-ácido selladas, también conocidas como baterías de ácido de plomo reguladas por válvula (VRLA, por sus siglas en inglés). Su electrolito en gel hace que sean completamente selladas y puedan funcionar en cualquier posición, además de reducir la corrosión y mejorar su resistencia a bajas temperaturas. Tienen una vida útil más larga que las baterías líquidas y son menos afectadas por descargas profundas en comparación con otras” (24).

“Las baterías selladas de gel tienen la ventaja de ser cerradas y funcionar en cualquier posición, resistir mejor la corrosión y las bajas temperaturas, tener una mayor vida útil y ser menos afectadas por descargas profundas. Sin embargo, también tienen una resistencia interna más alta, son más delicadas para cargar y tienen un precio mayor. Se utilizan con frecuencia en la industria y la telecomunicación” (24).

“Las baterías de gel tienen el electrolito inmobilizado en forma de gel, lo que les proporciona mayor duración y capacidad de ciclos en comparación con las baterías AGM. Son de bajo mantenimiento, pero no son adecuadas para operar con sobre descarga o altas temperaturas” (24).

- Baterías líquidas:

“Las baterías de plomo-ácido son las más antiguas y tienen una producción simple y precios favorables. Pueden ser abiertas o cerradas con válvulas para gases durante cargas excesivas. Son menos problemáticas si se sobrecargan, pero pueden perder ácido y requieren control del nivel de agua en la versión abierta. Tienen una corta vida de aproximadamente 400 ciclos y necesitan ventilación adecuada, mientras que las temperaturas bajo cero pueden destruirlas rápidamente” (24).

- Baterías tipo VRLA (Valve Regulated Lead Acid Battery):

“Estas baterías modernas, aunque no son completamente selladas, tienen una tecnología que recombinan el oxígeno e hidrógeno que sale de las placas durante la carga, eliminando la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Funcionan en cualquier posición y existen dos tipos principales: los de consistencia de gel y los AGM, donde el ácido es fijado en fibra de vidrio” (24).

- Baterías tipo AGM:

“Las baterías AGM tienen una tecnología que recombinan el oxígeno e hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. El ácido en estas baterías está fijado en fibra de vidrio, lo que las hace adecuadas para sistemas solares y eólicos. Sus ventajas son una alta resistencia en climas fríos, baja resistencia interna que permite corrientes altas y eficiencia de hasta el 95 %, sin embargo, tienen un precio más elevado y son más vulnerables a descargas profundas” (24).

- Características:

▪ Capacidad:

“La capacidad de una batería es la energía que se puede obtener de ella durante una descarga completa y se mide en Ah (Amperios-Hora). La capacidad depende de la intensidad de descarga y del tiempo que tarda, por ejemplo, una batería de 250 Ah puede suministrar 25 A durante 10 horas o 50 A durante 5 horas” (21).

“La capacidad de una batería se define como la cantidad de energía que se obtiene durante una descarga completa. La capacidad se mide en Ah (Amperios-Hora), sin embargo, hay factores que pueden afectar la capacidad de la batería, como la temperatura, la conexión de las baterías en paralelo y el tiempo de descarga. Los tiempos de descarga suelen definirse en 10, 20, 100 y 120 horas, y se incluyen en la nomenclatura de las baterías. Se pueden utilizar expresiones de conversión típicas para transformar los datos de capacidad de la batería en otra escala temporal, pero es recomendable utilizar las tablas proporcionadas por cada fabricante” (21).

–  $C_{120}/C_{100} = 1.02$

–  $C_{100}/C_{20} = 1.25$

–  $C_{40}/C_{20} = 1.14$

–  $C_{20}/C_{10} = 1.17$

▪ Profundidad de descarga:

“El estado de carga de una batería se refiere al porcentaje de su capacidad máxima que se puede obtener en condiciones específicas. Este término es muy variable y depende del tipo de batería y las condiciones de uso, y también puede influir en la vida útil de la batería” (21). Bajo este parámetro, las baterías son clasificadas en:

- Baterías de descarga profunda: entre 20 - 25 % de descarga media, en ocasiones casi al 80 %.
- Baterías de descarga superficial: entre el 10 - 15 % de descarga media, llegando al 40 %.

“En aplicaciones fotovoltaicas, se recomienda usar baterías de descarga profunda y evitar llegar a los límites de descarga de las mismas, ya que las descargas profundas frecuentes tienen un impacto negativo en la duración de vida útil de las baterías” (21).

- Vida útil:

“La vida útil de una batería se mide en ciclos, que son procesos completos de carga y descarga hasta la profundidad de descarga recomendada. En promedio, un acumulador bien mantenido tipo OPzS/MSP puede durar un mínimo de 10 años con un ciclo medio de un ciclo por día. La vida útil de la batería depende de varios factores, como el espesor de las placas, la temperatura y la profundidad de descarga, siendo que cuanto más profunda sea la descarga, menor será el número de ciclos y por tanto menor será la vida útil de la batería” (21). Se explica la gráfica de la profundidad de la descarga de la batería en la figura 39.

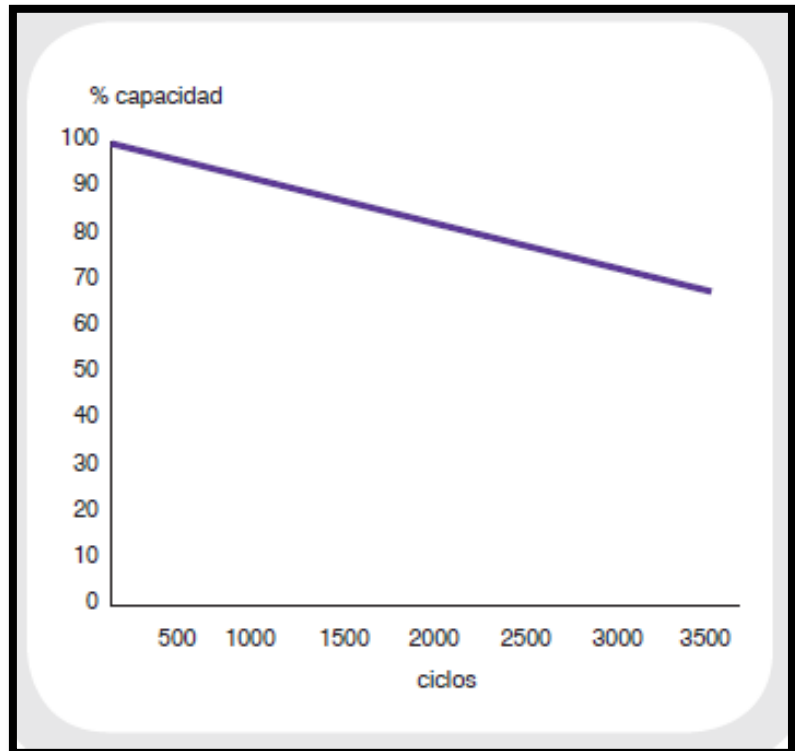


Figura 39. Capacidad vs ciclos.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Temperatura:

“La temperatura afecta la capacidad de la batería, ya que un aumento en la temperatura aumenta la actividad química y la capacidad, mientras que las bajas temperaturas disminuyen la actividad química y la capacidad, por lo tanto, la temperatura influye en la vida útil de la batería” (21):

- A alta temperatura, la reacción química que se da en el acumulador se acelera mucho y la vida se acorta.
- A baja temperatura, la vida se incrementa, pero si baja demasiado se corre el riesgo de congelación.

“Es recomendable mantener la carga de la batería en un nivel alto, ya que esto disminuirá el punto de congelación del electrolito. Nunca debe modificarse la concentración del electrolito” (ver figura 40) (21).

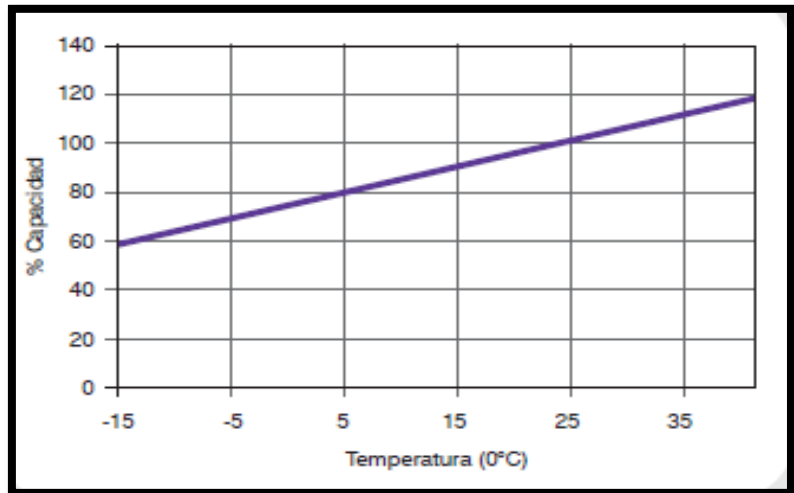


Figura 40. Temperatura vs capacidad.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Almacenamiento y autodescarga:

“La autodescarga es un fenómeno en el que una batería pierde su carga lentamente, aunque no esté conectada a un circuito externo. Este proceso ocurre a una tasa del 2 % al mes a 20°C, pero aumenta con la temperatura. Si una batería almacenada tiene un estado de carga del 70 % o menos, es necesario proporcionar una carga de refuerzo” (ver figura 41) (21).

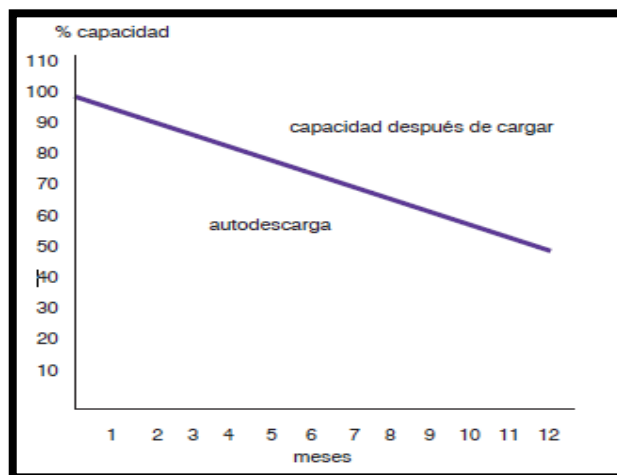


Figura 41. Variación de la capacidad por auto descarga.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Orientación de la batería:

“Las baterías de electrolito líquido de ciclo profundo deben estar en posición vertical en todo momento para evitar que el fluido se derrame. Por otro lado, las baterías de gel y las de malla de vidrio absorbente (AGM) de ciclo profundo son a prueba de derrames y se pueden colocar en posición horizontal o vertical” (21).

“Las baterías se pueden clasificar según su capacidad de almacenamiento de energía (medida en Ah) y su ciclo de vida. La capacidad de almacenamiento de energía depende de la velocidad de descarga, la temperatura y la tensión de corte. La capacidad nominal se mide en 10 horas, pero cuanto mayor sea el tiempo de descarga, mayor será la cantidad de energía que puede entregar. En sistemas fotovoltaicos, un tiempo de descarga típico es de 100 horas, por ejemplo, una batería con una capacidad nominal de 80 Ah en 10 horas tendrá una capacidad de 100 Ah en 100 horas” (21).

- Conexión:

- Conexión de serie:

La conexión tipo serie de las baterías solares se logra uniéndola terminal positiva de una batería con la terminal negativa de otra, y así sucesivamente hasta aumentar el voltaje deseado en el sistema. Ello se aprecia en la figura 42.

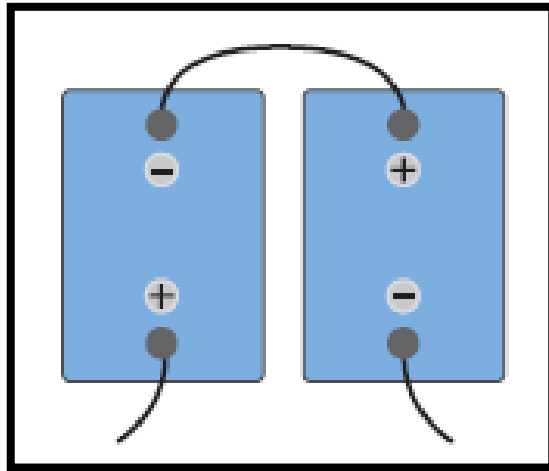


Figura 42. Conexión en serie.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la ecuación del voltaje en serie:

$$V_{TOTAL} = V_{B1} + V_{B2}$$

Donde:

\* $V_{TOTAL}$ : tensión total del sistema.

\* $V_{B1}$ : tensión en la batería uno.

\* $V_{B2}$ : tensión en la batería dos.

Además, se presenta la ecuación de la corriente en serie:

$$C_{TOTAL} = C_{B1} = C_{B2}$$

Donde:

\* $C_{TOTAL}$ : capacidad total del sistema.

\* $C_{B1}$ : capacidad en la batería uno.

\* $C_{B2}$ : capacidad en la batería dos.

- Conexión en paralelo:

La conexión en paralelo de las baterías se logra uniendo todas las terminales positivas de las baterías, asimismo, se



unen todas las terminales negativas de las baterías hasta aumentar la capacidad deseada en el sistema. Ello se aprecia en la figura 43.

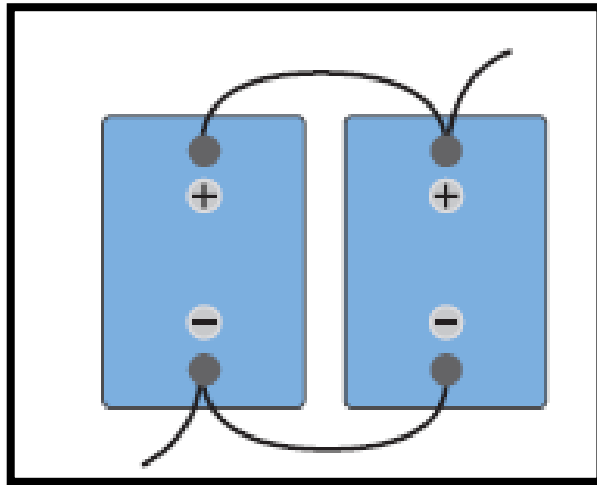


Figura 43. Conexión en paralelo.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la ecuación del voltaje en paralelo:

$$V_{TOTAL} = V_{B1} = V_{B2}$$

Donde:

\* $V_{TOTAL}$ : tensión total del sistema.

\* $V_{B1}$ : tensión en la batería uno.

\* $V_{B2}$ : tensión en la batería dos.

Se presenta la ecuación de la corriente en paralelo:

$$C_{TOTAL} = C_{B1} + C_{B2}$$

Donde:

\* $C_{TOTAL}$ : capacidad total del sistema.

\* $C_{B1}$ : capacidad en la batería uno.

\* $C_{B2}$ : capacidad en la batería dos.

- Conexión serie - paralelo:

Esta conexión es una combinación de las anteriores, pero con la gran ventaja de que este tipo de conexión eleva tanto la tensión como la capacidad del sistema fotovoltaico. Ello se observa en la figura 44.

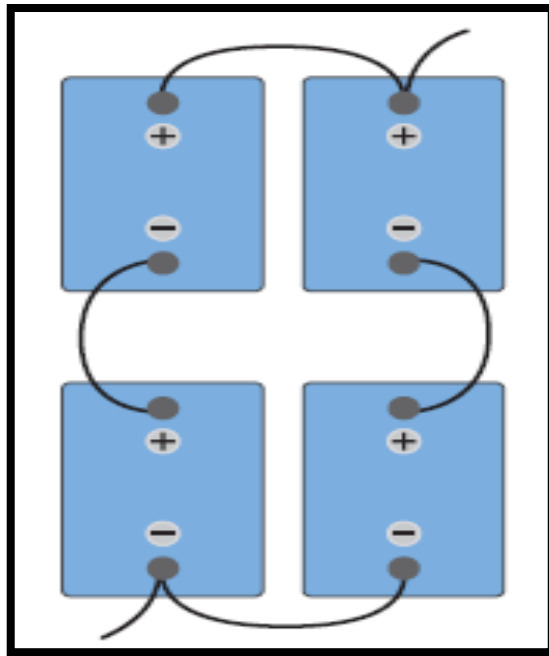


Figura 44. Conexión serie - paralelo.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la ecuación del voltaje en un sistema mixto:

$$V_{TOTAL} = V_{B1} + V_{B2} = V_{B3} + V_{B4}$$

Donde:

\* $V_{TOTAL}$ : tensión total del sistema.

\* $V_{B1}$ : tensión en la batería uno.

\* $V_{B2}$ : tensión en la batería dos.

\* $V_{B3}$ : tensión en la batería tres

\* $V_{B4}$ : tensión en la batería cuatro.

Se presenta la ecuación de la corriente en un sistema mixto:

$$C_{TOTAL} = C_{B1} + C_{B3} = C_{B2} + C_{B4}$$

Donde:

\* $C_{TOTAL}$ : capacidad total del sistema.

\* $C_{B1}$ : capacidad en la batería uno.

\* $C_{B2}$ : capacidad en la batería dos.

\* $C_{B3}$ : capacidad en la batería tres.

\* $C_{B4}$ : capacidad en la batería cuatro.

### C. Regulador de carga:

#### - Definición:

“El regulador de carga es un elemento imprescindible para asegurar que los acumuladores estén siempre dentro de las condiciones correctas de funcionamiento durante los procesos de carga y descarga. Se diseña para garantizar que los paneles solares siempre estén en condiciones de cargar la batería, incluso cuando la temperatura de las celdas de la batería sea alta y se produzca una disminución del voltaje generado. Esto es necesario ya que el campo solar se diseña normalmente con una tensión más elevada que la tensión de final de carga de las baterías” (21).

“El regulador de carga también regula la corriente que absorbe la batería para evitar que se sobrecargue peligrosamente. Mide constantemente el voltaje de la batería y su estado de carga. Cuando el estado de carga llega a un valor de consigna previamente establecido que corresponde al valor de tensión máxima admitida, el regulador de carga corta el flujo de corriente hacia la batería o bien deja que pase solo una parte para mantenerla en estado de plena carga sin sobrepasarse. La corriente mínima que se da cuando la batería está a plena carga y recibe solo la energía suficiente para mantenerla en ese estado se denomina corriente de flotación” (21).

“Existen diferentes tipos de reguladores de carga para cargar las baterías con energía solar fotovoltaica, pero los dos tipos principales son el PWM (Pulse Width Module) y el MPPT (Maximun Power Point Tracker)” (21). Se detalla ello en la figura 45.

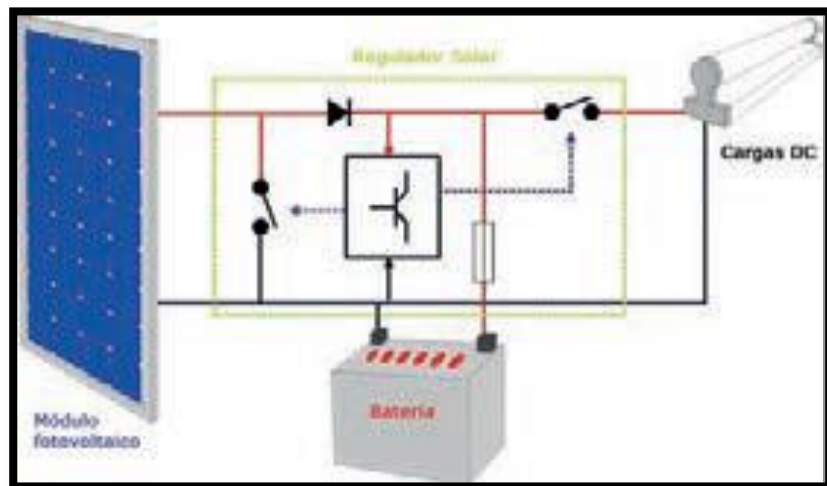


Figura 45. Regulador fotovoltaico.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Reguladores PWM:

“El regulador PWM es una opción económica para sistemas pequeños que funciona como un interruptor para conectar los paneles solares a la batería, lo que hace que la tensión de los paneles se ajuste a la de la batería. Es adecuado para climas moderados con temperaturas en el módulo solar de 40 a 80°C” (21).

“El regulador de tipo paralelo (shunt) desvía la corriente de los paneles solares hacia una carga resistiva de disipación y está diseñado para mantener la batería en su nivel de máxima carga a través de desviaciones intermitentes controladas por los valores de voltaje establecidos. Es de aluminio aleteado por detrás para una mejor disipación de calor” (21).

“Este sistema de regulador de tipo shunt deriva la corriente hacia una carga resistiva de disipación, lo que causa calentamiento y desgaste del regulador. Debido a esto, su capacidad de trabajo se limita a pocos amperios, lo que lo hace adecuado para instalaciones pequeñas” (21).

Tipo serie: “el regulador de tipo serie interrumpe la corriente hacia la batería en función de su voltaje y permite diferentes niveles de carga gracias a un interruptor progresivo. Puede mantener la corriente de flotación mediante una baja intensidad de carga o mediante la alternancia de carga y no-carga para evitar la gasificación de la batería. Este tipo de regulador se conecta en serie entre los paneles y la batería, no disipa calor y puede ser pequeño y montarse en lugares cerrados” (21).



Figura 46. Regulador PWM.

Fuente: Salvador Escoda S.A. (21).

- Datos técnicos de un regulador de carga:
  - Tensión de entrada ( $V_{\text{ENTRADA-REGULADOR}}$ ):

El voltaje de entrada del regulador o controlador de carga debe ser la misma que el sistema fotovoltaico ya dimensionado.

- Corriente nominal ( $I_{\text{NOMINAL-REGULADOR}}$ ):

La corriente nominal del regulador deberá ser seleccionado de acuerdo la corriente que presenta el sistema fotovoltaico.

- Tipo de seguimiento:

El seguimiento del regulador de carga puede ser de modulación por ancho de banda (PWM) y de seguidor del punto de potencia máxima (MPPT).

#### D. Inversores AC/DC:

- Definición:

“Los elementos del sistema convierten la energía de corriente continua de los generadores fotovoltaicos o baterías en formas de energía requeridas por diferentes cargas, incluyendo corriente continua, corriente alterna y la inyección de energía directamente a la red” (24).



*Figura 47.* Inversor de voltaje.

Fuente: cotejo propio.

- Datos técnicos de un inversor CD/CA:

- Tensión nominal DC: esta tensión nominal DC deberá ser igual a la tensión del sistema fotovoltaico.
- Tensión nominal AC: la tensión AC del inversor dependerá de las características de la carga, a la cual se abastecerá de energía eléctrica.
- Potencia de operación: la potencia de operación del inversor será seleccionada comparando la demanda de la carga.
- Corriente de salida CA: la corriente de salida del inversor deberá ser mayor al cociente de la potencia de operación y el voltaje nominal CA.
- Eficiencia del inversor: los inversores tienen una eficiencia de entre el 90 y 94 % a plena carga para sistemas de baja tensión de entrada.

- Cálculos:

Se presenta la ecuación para determinar el número de inversores:

$$N^{\circ} \text{ Inversores} = \frac{W_{\text{Demandada}}}{W_{\text{Nominal del inversor}}}$$

Donde:

\* $N^{\circ}$  Inversores: número de inversores.

\* $W_{\text{Demandada}}$ : potencia demandada de la carga.

\* $W_{\text{Nominal del inversor}}$ : potencia nominal del inversor.

#### E. Conmutadores de transferencia de energía:

“Los conmutadores de transferencia también llamados switch o interruptor de transferencia de energía son dispositivos que cambian de una fuente de alimentación a otra. Este tipo de equipos son esenciales en los sistemas convencionales, no convencionales y grupos electrógenos, ya que, mediante este sistema, pasan de una fuente de energía a otra en el momento en que la fuente principal de energía falla” (1).

En la investigación citada, “el conmutador de transferencia de energía estará conectado al sistema convencional y a un sistema fotovoltaico en caso este falle” (1).

F. Cargas directas:

Las cargas directas, son los artefactos y/o luminarias que se conectarán directamente al sistema de energía fotovoltaica, sin necesidad de adaptarlas a AC, pues emplean la DC para su funcionamiento. (Están conformadas en su mayoría por lámparas Led de 12 V, algunos artefactos de DC como cargadores o radios, entre otros).



Figura 48. Lámpara DC.

Fuente: cotejo propio.

### 2.2.13. Voltaje, corriente y potencia

- Definición:



“El inversor DC debe tener el mismo voltaje que las baterías (12 V, 24 V, 48 V), siendo los inversores de menos de 1000 VA normalmente de 12 V, 24 V o 48 V en DC. La salida es 120 V en AC y 60 Hz, o 220 V en algunos países” (23).

“La capacidad de salida de un inversor se mide en volts-ampères (VA), aunque en la práctica la capacidad en watts suele ser equivalente a la capacidad en VA al alimentar dispositivos electrónicos. La capacidad de salida suele tener dos especificaciones: la capacidad continua y la capacidad de arranque, siendo la capacidad continua suficiente para operar todas las cargas de AC simultáneamente” (23).

“Algunos dispositivos, como las impresoras y televisores, requieren una potencia mayor durante el arranque, lo que puede ser varias veces mayor que la capacidad continua del inversor. Afortunadamente, esto solo dura un corto período de tiempo. Los inversores tienen una capacidad de arranque 2 o 3 veces mayor que la capacidad continua para manejar estas situaciones. Si se excede la capacidad de salida, el inversor se desconectará automáticamente para protegerse a sí mismo y a las cargas. Para reiniciar el inversor, se debe cambiar un fusible o restablecer manualmente” (23).

“Es importante instalar un dispositivo de protección contra sobrecorriente, como un fusible o interruptor automático, entre las baterías y el inversor, ya que el inversor se conecta directamente a las baterías. Los fabricantes suelen especificar la corriente necesaria para este dispositivo de protección” (23).

### 2.3. Definición de términos básicos

- Ángulo solar: “el ángulo solar ( $w$ ) es el ángulo entre el plano meridiano del lugar y el plano meridiano del Sol. Durante el mediodía solar, cuando el Sol está en el meridiano del lugar, el ángulo horario es cero. Dado que la Tierra completa una rotación sobre su eje en 24 horas, cada hora corresponde a un ángulo de  $15^\circ$ . Los ángulos antes del mediodía se consideran negativos, mientras que los ángulos después del mediodía son positivos” (15).

- Corriente eléctrica: se define como el flujo de carga eléctrica que circula por un material debido al movimiento de los electrones presentes en él. Por lo general, la corriente fluye desde el polo negativo hacia el polo positivo.
- Energía: La palabra "energía" proviene del término griego "*enérgeia*", que se refiere a la capacidad de una fuerza para generar acción o trabajo y poner en movimiento un cuerpo, transformarlo o hacer que surja algún cambio en él.
- Energía convencional: se denomina a esta energía como la forma más común de generar electricidad en una localidad. En el Perú, la energía convencional viene a ser la hidráulica, pues genera un 70 % de la energía total del país.
- Energía renovable: es aquella que se puede obtener de fuentes naturales inagotables y se relaciona con la capacidad de poner en movimiento o transformar algo. "Renovable" significa que puede renovarse, mientras que el verbo "renovar" implica reemplazar, poner de nuevo, transformar o restablecer algo interrumpido (25).
- Espectro solar: la distribución de la energía irradiada por una fuente luminosa se ordena por longitud de onda y la secuencia de colores resulta de la descomposición de la luz solar a través de un prisma refractor, conocida como el espectro luminoso o colores del arco iris (26).
- Interruptor automático: "los conmutadores de transferencia también llamados switch o interruptor de transferencia de energía son dispositivos que cambian de una fuente de alimentación a otra" (1).
- Pirheliómetro: el instrumento en cuestión es un medidor de irradiación solar que se utiliza para medir la cantidad de energía solar en una zona determinada. La luz solar entra en el instrumento a través de una ventana y se dirige hacia una termopila que convierte el calor en una señal eléctrica.
- Radiación solar: "es la energía electromagnética emitida, transferida o recibida del sol. El término "radiación" se refiere al cuerpo que emite la energía, mientras que "irradiación" se refiere al objeto que recibe la radiación. Aunque estrictamente hablando, la superficie terrestre es irradiada y los mapas y tablas son de irradiación solar, todavía se usa comúnmente el término "radiación" para referirse a la irradiación solar" (17).
- Semiconductores: son materiales que pueden comportarse como conductores o aislantes dependiendo de las condiciones. Su comportamiento está determinado por factores como el campo eléctrico o magnético, la presión, la radiación incidente y la temperatura del entorno en el que se encuentren.

- Sistema eco-amigable: se conocen como sistemas eco-amigables a aquellas fuentes de energía que emplean fuentes renovables para su utilización, y por ello, el impacto medioambiental es menor frente a las fuentes de generación de energía convencionales.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### 3.1. Método y alcance de la investigación

##### 3.1.1. Método

En esta investigación se empleó el método inductivo, pues se partió de premisas, conceptos, definiciones, leyes y teorías para la validación y respaldo de los resultados que se obtuvieron en la investigación, en función a la implementación de un sistema de generación de energía solar para la electrificación de la Institución Pública. Bajo este método, se implementan los principios que se descubrieron a casos específicos como este, mediante la vinculación de juicios.

##### 3.1.2. Alcance de la investigación

- a) Se consideró una metodología de diseño específico para la alimentación de la Institución Educativa, pues conllevó a elaborar conexiones mixtas para la iluminación y electrificación del sistema.
- b) Para este proyecto, se consideró trabajar solamente con cálculos referenciados respecto al funcionamiento de los paneles solares, pues no entraron a tallar efectos negativos como sombras, las estaciones del año, lluvia, temperatura, rendimiento de los paneles, altitud, etc., que puedan alterar los resultados obtenidos en esta investigación.

### 3.1.3. Tipo de investigación

La Investigación fue de tipo descriptiva, pues se narró y detalló las características y funciones de las variables. Asimismo, fue del tipo aplicada, pues se determinó mediante el estudio del sistema, que la generación de energía eléctrica mediante medios renovables (paneles solares) es posible para la electrificación de un colegio. Por último, fue del tipo explicativa, pues se explicó el resultado de causa-efecto de la implementación del sistema fotovoltaico en la electrificación de la Institución Pública.

### 3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue experimental, pues se manipuló la variable independiente sobre la variable dependiente. Además, la elección de la muestra no fue aleatoria, sino que fue constituida por una “selección por conveniencia”, respecto a la Implementación de un sistema solar fotovoltaico para la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población fue constituida por todo el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima en sí, como comunidad (ver anexos 3 y 4). Así también, en esta investigación, se trabajó con datos proporcionados por SENAMHI y NASA en los periodos comprendidos de 2014 - 2019.

#### 3.3.2. Muestra

La muestra fue seleccionada por conveniencia, pues se tomó en cuenta la facilidad de acceso, tiempo y disponibilidad de la población para la elaboración del informe. Esta fue constituida por la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima. Para ello, se trabajó con los datos proporcionados por SENAMHI y NASA, en los periodos 2014 - 2019, para el cálculo de consumo de energía.

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

Para la toma de datos, se emplearon como fuentes:

Primarias:

- Entrevista libre.
- Observación - toma de datos.

Secundarias:

- Análisis de documentos (libros, bibliografías, tesis, revistas científicas, etc.).

#### 3.4.1. Entrevista

Se entrevistó a la Lic. Ana Rosa Pilar Portas Sullca, Directora encargada de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, en la cual se trataron diferentes puntos, entre los cuales resaltan: la falta de electricidad en la zona, la dificultad de acceder a una educación de alta calidad y el confort de los alumnos en su estadía en dicho lugar. Ante estas situaciones, se propuso la implementación de un sistema fotovoltaico que cubre y satisface las necesidades mencionadas, sin la necesidad de tener que pagar mensualmente por dicho servicio, adicionando que la generación de esta será totalmente renovable, económica y sobre todo independiente, aumentando así el valor de la Institución, y a la vez, que servirá como proyecto piloto para la fomentación y uso de dicha forma de generar energía en las zonas aledañas.

#### 3.4.2. Ficha de toma de datos

La ficha de toma de datos de los equipos eléctricos fue utilizada para conocer la potencia respectiva de cada uno de estos, el consumo y la demanda que requerirá dicha Institución Educativa. Asimismo, se utilizaron para el diseño del sistema de generación fotovoltaico (ver anexo 6).

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### 4.1. Presentación de resultados

##### 4.1.1. Condiciones del lugar

La información presentada en esta sección del trabajo de investigación, se obtuvo de la data histórica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y la National Aeronautics and Space Administration (NASA), los cuales son considerados centros de información seguros y confiables.

El sistema de generación Fotovoltaica se ubicó en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, con dirección Plaza Principal de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima.

Las condiciones climatológicas fueron obtenidas de la Estación Meteorológica Vilca, que es la más cercana al Anexo de Chaucha, con latitud  $12^{\circ} 6' 52.44''$ , y con longitud  $75^{\circ} 49' 34.21''$ , ubicada en el distrito de Huancaya, provincia de Yauyos, departamento de Lima.

Los datos de temperatura promedia anual de los últimos 5 años de la Estación Meteorológica Vilca, se muestran en la tabla 9; así también, se muestran en el anexo 2, para un estudio profundo de la misma.



Tabla 9. *Temperatura Promedio Anual (en °C).*

AÑO	T. Máx	T. Mín
2014	19.06	3.87
2015	17.53	4.40
2016	17.95	4.03
2017	17.46	3.84
2018	17.93	3.88
2019	18.80	5.06
PROMEDIO	18.12	4.18

Fuente: elaboración propia.

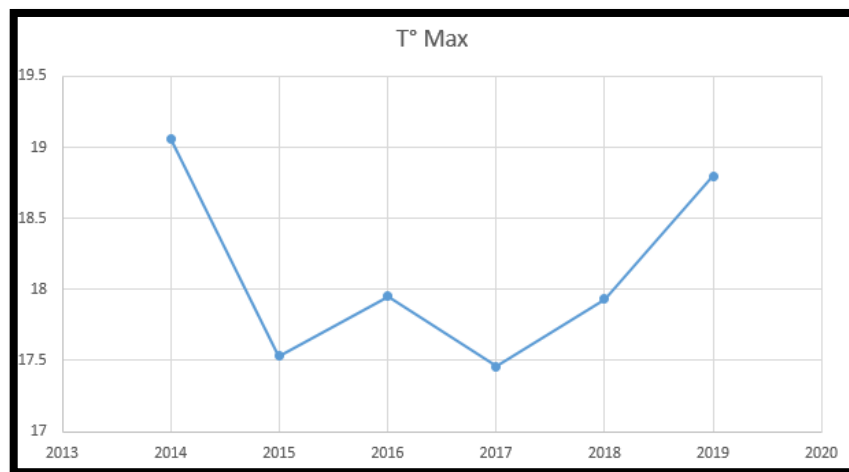


Figura 49. *Temperatura Máxima (°C - Año).*

Fuente: elaboración propia.

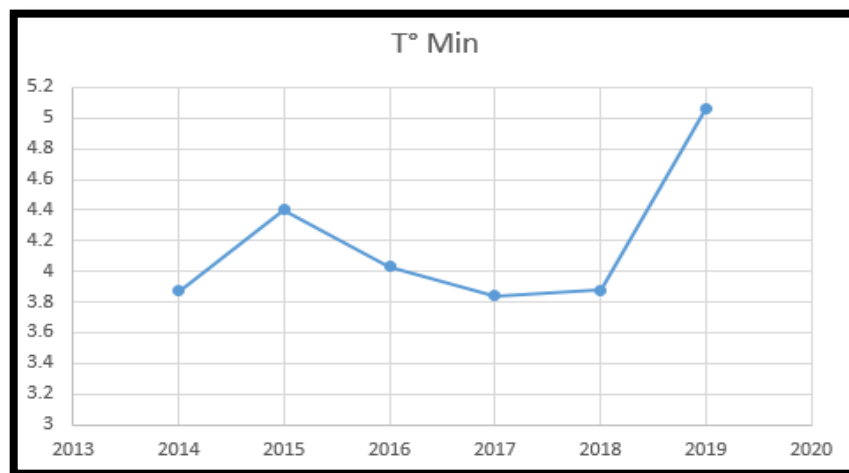


Figura 50. *Temperatura Mínima (°C - Año).*

Fuente: elaboración propia.

La temperatura del lugar está dentro del rango de 4°C y 19°C, y el panel fotovoltaico seleccionado tiene una temperatura de trabajo normal de 25°C. La eficiencia del mismo disminuye en un 0.43%/°C por cada nivel de incremento de temperatura, según sus especificaciones técnicas.

A continuación, se muestra la tabla de radiación solar de los últimos 5 años, elaborada a partir de los datos obtenidos del SENAMHI.

Tabla 10. Radiación solar 2014 - 2019 SENAMHI (kWh/m<sup>2</sup>).

Radiación solar - SENAMHI							
MES	2014	2015	2016	2017	2018	2019	PROMEDIO MENSUAL
ENERO	---	5.02	5.33	4.83	5.09	5.06	5.06
FEBRERO	---	5.47	5.44	5.32	5.59	5.40	5.44
MARZO	---	5.90	6.04	5.56	5.90	5.65	5.81
ABRIL	---	6.07	6.29	6.10	6.37	6.08	6.18
MAYO	---	6.36	6.51	6.34	6.69	6.52	6.48
JUNIO	---	6.55	6.69	6.60	6.86	6.76	6.69
JULIO	---	6.55	6.77	6.95	6.78	---	6.76
AGOSTO	6.65	6.50	6.47	6.86	6.70	---	6.63
SETIEMBRE	6.13	6.03	6.30	6.13	6.39	---	6.20
OCTUBRE	5.60	5.78	5.74	5.71	5.52	---	5.68
NOVIEMBRE	5.27	5.38	5.58	5.61	5.37	---	5.45
DICIEMBRE	4.98	5.01	5.06	5.10	5.22	---	5.08
<b>PROMEDIO ANUAL</b>	5.73	5.89	6.02	5.93	6.04	5.91	Promedio Total: 5.93 kWh/m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

Según el modelo Bristow-Campbell, recomendado por Baigorria en el Atlas Solar del Perú, se pueden obtener los niveles de radiación de los últimos 5 años de los lugares cercanos a la estación estudiada (en esta oportunidad, la Estación Vilca).

- La radiación solar promedio del Anexo de Chaucha es de 5.93 kWh/m<sup>2</sup>, para los últimos 5 años.
- Para el año 2015, la radiación solar promedio fue de 5.89 kWh/m<sup>2</sup>, mientras que para el año 2017 fue de 5.93 kWh/m<sup>2</sup>. Así también, la radiación promedio en lo que va del año es de 5.91 kWh/m<sup>2</sup>.

En la tabla 11 se muestran los niveles de radiación de los últimos 5 años, elaborada en base a los datos obtenidos de NASA.

Tabla 11. *Radiación solar 2013 - 2018 NASA (kWh/m<sup>2</sup>).*

Radiación Solar - NASA							
MES	2013	2014	2015	2016	2017	2018	PROMEDIO MENSUAL
ENERO	7.12	7.20	7.04	6.97	7.38	7.21	7.15
FEBRERO	7.24	7.21	7.22	7.35	7.32	7.22	7.26
MARZO	7.19	7.04	7.21	7.17	7.35	7.31	7.21
ABRIL	6.40	6.86	7.05	6.92	6.90	6.91	6.84
MAYO	6.56	6.43	6.71	6.39	6.86	6.37	6.55
JUNIO	6.40	6.09	6.08	6.02	6.27	6.28	6.19
JULIO	6.17	6.20	5.79	5.72	5.95	6.23	6.01
AGOSTO	6.18	6.21	6.10	6.29	6.10	6.49	6.23
SETIEMBRE	6.52	6.81	6.72	6.52	6.80	6.45	6.64
OCTUBRE	6.87	6.91	6.93	6.73	6.87	7.05	6.89
NOVIEMBRE	6.81	6.87	6.90	6.42	6.88	6.85	6.79
DICIEMBRE	7.16	7.18	7.06	7.07	6.89	6.82	7.03
<b>PROMEDIO ANUAL</b>	6.72	6.75	6.73	6.63	6.79	6.76	Promedio Total: 6.73 kWh/m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. *Comparativo SENAMHI vs NASA.*

INSTITUCIÓN	IRRADIACIÓN SOLAR
SENAMHI	5.93
NASA	6.73
<b>Promedio</b>	<b>6.33</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2. Ubicación del sistema de generación fotovoltaica

La ubicación de este Sistema de Generación Fotovoltaica será el techo de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, la cual posee las siguientes coordenadas:

$$L = 12.2383^\circ S; \varphi = 75.7460^\circ O$$

En la figura 51, se observa la ubicación del colegio en el Anexo de Chaucha, la imagen fue obtenida del programa Google Earth Pro. Así también, en el anexo 4 se adjuntan las fotografías de dicha Institución.



Figura 51. Institución Educativa Pública N° 20956 - 6.

Fuente: Google Earth Pro.

#### 4.1.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Para este trabajo de investigación, se implementará un sistema de generación autónomo con almacenamiento, pues, como ya fue mencionado anteriormente, no existen líneas de transmisión cercanas a la zona, y, por ende, no existe una “generación de apoyo”. Adicionalmente, al no contar con un sistema de abastecimiento auxiliar energético, se necesita implementar las baterías para poder alimentar las cargas en horas donde no haya sol.

Los siguientes cálculos fueron realizados a partir de los datos que se obtuvieron de SENAMHI y de NASA, las cuales son fuentes confiables, logrando así un cálculo más exacto.

a) Inclinación y orientación de los paneles solares:

La orientación e inclinación de los paneles solares depende de la latitud de la zona en la que se va a armar el sistema. Su objetivo es lograr la mayor perpendicularidad posible del panel solar respecto a la irradiación que incide sobre ella. Se observa ello en la figura 52.

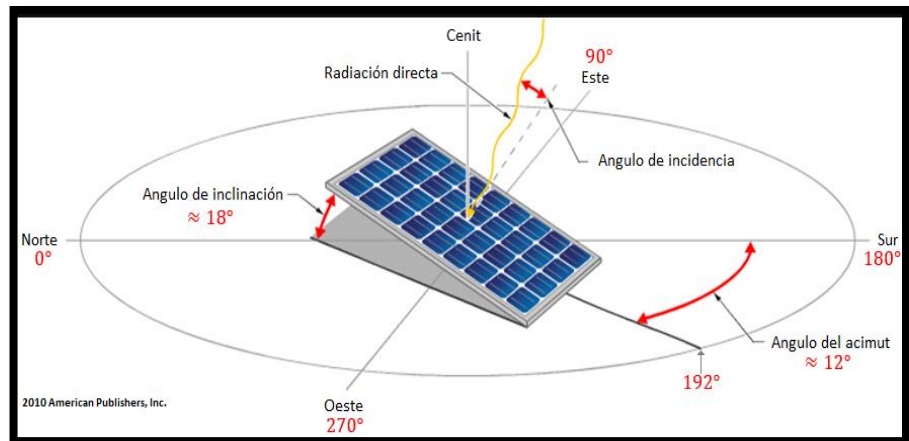


Figura 52. Inclinación y Orientación de un panel solar.

Fuente: Portal Energía Solar (27).

Según la Norma Técnica de edificación EM-080 sección “Instalaciones con energía solar”, los paneles fotovoltaicos deberán ser orientados hacia el norte.

Según la Norma Técnica de edificación EM-080, los paneles solares deberán tener una inclinación (óptima) de:

$$\beta = L + 10^\circ$$

La inclinación óptima para todo el año se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$\beta_{\text{opt}} = 3.7 + (0.69 \times L)$$

Para esta investigación, los resultados son:

$$\beta_{\text{Norma Técnica}} = 12.2383^\circ + 10^\circ = 22.2383^\circ$$

$$\beta_{\text{Óptima}} = 3.7 + (0.69 \times 12.2383^\circ) = 12.1444^\circ$$

La inclinación que se utilizará para la instalación es de 12.1444°.

b) Determinación de la carga:

Para la determinación de la carga, se emplearon dos grupos: Sistema de iluminación y Sistema de alimentación de cargas. Ello se muestra en las tablas 12, 13 y 14.

- Sistema de alimentación de cargas:

Las cargas que se alimentarán en la institución Educativa Pública N°20956 - 6 se describen en la siguiente tabla.

Tabla 13. *Equipos de la Institución Educativa.*

ALIMENTACIÓN DE CARGAS			
Ítem	Cantidad	Descripción del equipo	Potencia (W)
1	6	Computadora Portátil "XO"	17.00
2	1	Laptop HP 430 Intel Core i3	75.00
3	1	Impresora Epson L396	15.00
4	1	Radio AM - FM	50.00
5	2	Cargadores de Celular	15.00
6	1	TV antigua a color Panasonic	150.00
POTENCIA TOTAL			422.00

Fuente: elaboración propia.

- Sistema de iluminación:

El sistema de Iluminación es conformado por 5 lámparas leds, las cuales serán colocadas dentro de cada ambiente, mientras que externamente se colocará 1 (en total, 6 lámparas).

Tabla 14. Sistema de iluminación.

CIRCUITO DE ILUMINACION			
Ítem	Cantidad	Descripción del equipo	Potencia (W)
1	5	Philips Bulb 9.5 W Luz Cálida	9.5 W
2	1	Mini Espiral 20 W Luz Cálida General Electric	20 W
POTENCIA TOTAL			67.5 W

Fuente: elaboración propia.

Para el abastecimiento del sistema eléctrico (tanto de alimentación de cargas y sistema de iluminación), se calcula la demanda y el consumo de energía de cada uno de ellos. En la tabla 15, se detalla este inciso.

Tabla 15. Demanda y energía consumida.

Energía				
Horas de uso (por día)	Cantidad	Descripción del equipo	Potencia (W)	Energía Consumida (W-h/día)
4	8	Computadora Portátil "XO"	17.00	544.00
4	1	Laptop HP 430 Intel Core i3	75.00	300.00
1	1	Impresora Epson L396	15.00	15.00
2	1	Radio AM - FM	50.00	100.00
2	2	Cargadores de Celular	15.00	60.00
2	1	TV antigua a color Panasonic	200.00	400.00
3	5	Philips Bulb 9.5 W Luz Cálida	9.5	142.5
3	1	Mini Espiral 20 W Luz Cálida General Electric	20	60
POTENCIA TOTAL			589.5	1621.5

Fuente: elaboración propia.

Donde:

$$*W_{\text{demandada}} = \text{Potencia demandada} = 589.5 \text{ W}$$

$$*E_{\text{demandada}} = \text{Energía demandada} = 1621.5 \text{ kWh}$$

El consumo de corriente diaria total ( $Q_M$ ) se halla con la siguiente ecuación (28):

$$Q_M = \frac{E_{\text{Demandada}}}{n_{\text{Inversor}} \times V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}$$

Donde:

\* $V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}$ : el voltaje del sistema será de 12 V (tabla 16).

Tabla 16. *Voltaje a elegir según la demanda.*

POTENCIA (W)	TENSIÓN DEL SISTEMA (V)
[0 - 800]	12
[800 - 1600]	24
[1600 - 3200]	48

Fuente: elaboración propia.

$$Q_M = \frac{1621.5}{0.93 \times 12} = 145.3 \text{ A} - \text{h}$$

Para todo cálculo eléctrico, siempre es necesario contar con el factor de seguridad ( $f_s$ ). Para este caso, se considera como valor de  $f_s = 1.1$ ; se presenta la ecuación del  $Q_M$  corregido (28):

$$Q_M \text{ corregido} = f_s \times Q_M$$

c) Dimensionamiento de las baterías:

Para hallar las dimensiones de las baterías, lo primero a realizar es calcular la capacidad del banco de baterías ( $C_{\text{Banco}}$ ) (28):

$$C_{\text{Banco}} = \frac{Q_M \text{ corregido} \times \text{DOA}}{PD_{\text{Batería}}}$$

$$C_{\text{Banco}} = \frac{159.83 \times 2}{0.75} = 426.20 \text{ A} - \text{h}$$

Para el número de baterías en serie y paralelo, se emplea (28):



En paralelo:

$$N^{\circ}_{BP} = \frac{C_{\text{Banco de baterías}}}{C_{\text{Batería}}}$$
$$N^{\circ}_{BP} = \frac{426.20}{250} = 1.70 \cong 2 \text{ batería(s)}$$

En serie:

$$N^{\circ}_{BS} = \frac{V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}{V_{\text{Nominal de la batería}}}$$
$$N^{\circ}_{BS} = \frac{12}{12} = 1 \text{ batería}$$

El número total de baterías para el sistema, es el siguiente (28):

$$N^{\circ}_{\text{Total de baterías}} = N^{\circ}_{BP} \times N^{\circ}_{BS}$$
$$N^{\circ}_{\text{Total de baterías}} = 2 \times 1 = 2 \text{ baterías}$$

La cantidad de baterías (en paralelo) modifica la capacidad total del banco de baterías, la cual se puede calcular mediante la siguiente fórmula (28):

$$\text{Nuevo } C_{\text{Banco}} = N^{\circ}_{BP} \times C_{\text{Batería}}$$
$$\text{Nuevo } C_{\text{Banco}} = 2 \times 250 = 500 \text{ A} - h$$

La capacidad útil del banco de baterías, se verá reducida gracias a la profundidad de descarga de las mismas (28):

$$C_{\text{Útil}} = \text{Nuevo } C_{\text{Banco}} \times PD_{\text{Batería}}$$
$$C_{\text{Útil}} = 500 \times 0.75 = 375 \text{ A} - h$$

De la misma forma, se calcula la corriente de las baterías, basado en el mes crítico del año del promedio de radiación de SENAMHI y NASA (28):

$$I_{\text{Baterías}} = \frac{C_{\text{Útil}}}{\text{HSP} \times F_{\text{diseño batería}}}$$

$$I_{\text{Baterías}} = \frac{375}{6.055 \times 13} = 4.76A$$

Un 1 HSP equivale a 1 kWh/m<sup>2</sup>. Como se puede observar en la tabla 17, las horas sol pico críticos son referentes al mes de diciembre, cuyo valor es de 6.055 h.

Tabla 17. Valores de horas - sol y corriente.

MES	NASA (Prom. 5 años)	SENAMHI (Prom. 5 años)	PROMEDIO NASA Y SENAMHI	CONSUMO CORREGIDO (Ah)	HSP (h)	Corriente de diseño (A)
ENE	7.15	5.06	6.105	159.83	6.11	26.18
FEB	7.26	5.44	6.35	159.83	6.35	25.17
MAR	7.21	5.81	6.51	159.83	6.51	24.55
ABR	6.84	6.18	6.51	159.83	6.51	24.55
MAY	6.55	6.48	6.515	159.83	6.52	24.53
JUN	6.19	6.69	6.44	159.83	6.44	24.82
JUL	6.01	6.76	6.385	159.83	6.39	25.03
AGO	6.23	6.63	6.43	159.83	6.43	24.86
SET	6.64	6.20	6.42	159.83	6.42	24.89
OCT	6.89	5.68	6.285	159.83	6.29	25.43
NOV	6.79	5.45	6.12	159.83	6.12	26.12
DIC	7.03	5.08	6.055	159.83	6.06	26.40

Fuente: elaboración propia.

d) Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos:

La corriente que circula a través del panel solar, durante el mes crítico de Horas Sol Pico (HSP) se calcula de la siguiente manera (28):

$$I_{\text{Generador}} = \frac{I_{\text{mes}} - I_{\text{Baterías}}}{F_{\text{diseño panel}}}$$

$$I_{\text{Generador}} = \frac{26.40 - 4.76}{0.7} = 30.91 A$$

El número de paneles fotovoltaicos (tanto en serie como en paralelo) son (28):

En paralelo:

$$N^{\circ}_{PP} = \frac{I_{\text{Generador}}}{I_{\text{panel}}}$$
$$N^{\circ}_{PP} = \frac{30.91}{9.15} = 3.37 \cong 4 \text{ paneles fotovoltaicos}$$

En serie:

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{V_{\text{Sistema}}}{V_{\text{nominal panel}}}$$
$$N^{\circ}_{BS} = \frac{12}{12} = 1 \text{ panel fotovoltaico}$$

El número total de paneles solares fotovoltaicos son (28):

$$N^{\circ}_{\text{Total de paneles fotovoltaicos}} = N^{\circ}_{PP} \times N^{\circ}_{PS}$$
$$N^{\circ}_{\text{Total de paneles fotovoltaicos}} = 4 \times 1 = 4 \text{ paneles fotovoltaicos}$$

La potencia del generador fotovoltaico es de (28):

$$W_{SFV} = N^{\circ}_{\text{Total de paneles fotovoltaicos}} \times W_{\text{panel fotovoltaico}}$$
$$W_{SFV} = 4 \times 165 = 660 \text{ W}$$

e) Dimensionamiento del regulador de carga:

Para hallar el dimensionamiento del regulador de carga, se considera la corriente pico ( $I_{cc}$ ) de cada panel fotovoltaico y la cantidad de los mismos conectados en paralelo. Se presenta la determinación de la corriente del regulador de carga (28):

$$I_{CC \text{ Sistema Fotovoltaico}} = 1.25 \times I_{CC \text{ Panel}} \times N^{\circ}_{PP}$$
$$I_{CC \text{ Sistema Fotovoltaico}} = 1.25 \times 9.15 \times 4 = 45.75 \text{ A}$$

El regulador de carga deberá tener un valor comercial mayor al que se obtuvo mediante los cálculos correspondientes (lo que es corriente pico). De igual manera, tendrá que tener una tensión nominal de 12 V. Por último, no deberá ser necesario del tipo MPPT, pues al tratarse de un sistema aislado rural, no se busca cumplir con estándares proporcionados por las entidades.

f) Dimensionamiento del inversor de corriente DC/AC:

La potencia nominal en que deberá operar el inversor es la siguiente (28):

$$W_{\text{Mínima inversor}} = W_{\text{Demandada}} \times \text{Coef. Simultaneidad}$$

$$W_{\text{Mínima inversor}} = 589.5 \times 1 = 589.5 \text{ W}$$

La tensión nominal DC deberá ser de 12 V, la tensión nominal AC de 220V y la potencia de operación será un valor comercial mayor a la potencia mínima del inversor. Se presenta la determinación del número de inversores:

$$N^{\circ} \text{ Inversores} = \frac{W_{\text{Demandada}}}{W_{\text{Nominal del inversor}}}$$

$$N^{\circ} \text{ Inversores} = \frac{589.5}{600} = 0.988 \cong 1 \text{ inversor DC/AC}$$

g) Dimensionamiento de los conductores:

Se llegará a dimensionar los conductores de manera eficiente, para que el sistema no tenga caídas de tensión mayores a 5 %. Para este análisis, se emplea la ley de Ohm y la de resistividad eléctrica.

Ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

Donde:

\*R = resistencia del conductor.

\*V = voltaje nominal del sistema.

\*I = corriente a través del conductor.

Resistencia del conductor:

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

Donde:

\*R = resistencia del conductor.

\* $\rho$  = resistividad del material.

\*L = longitud del conductor (m).

\*S = sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

Se igualan ambas fórmulas (sección de un conductor):

$$\frac{V}{I} = \rho \times \frac{L}{S}$$

Y se despeja la sección del conductor:

$$S = \frac{\rho \times L \times I}{V * 3\%}$$
$$S = \frac{0.01786 \times L \times \frac{1131.5}{24}}{24 * 3\%}$$

Distancias de los componentes del sistema fotovoltaico:

\*L<sub>PANEL - REGULADOR</sub>: 10 m.

\*L<sub>BATERIA - REGULADOR</sub>: 3 m.

\*L<sub>BATERIA - INVERSOR</sub>: 3 m.

Sección de conductor para cada componente:

\*S<sub>PANEL - REGULADOR</sub>: 11.69 mm<sup>2</sup>.

\*S<sub>BATERIA - REGULADOR</sub>: 3.05 mm<sup>2</sup>.

\*S<sub>BATERIA - INVERSOR</sub>: 3.05 mm<sup>2</sup>.

Tabla 18. Datos técnicos de conductores PROMELSA.

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm <sup>2</sup> )								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (°)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Fuente: Portal PROMELSA (29).

El conductor elegido es de 16 mm<sup>2</sup>, con el equivalente en AWG de 6 AWG, detallado en la tabla 18.

#### 4.1.4. Ubicación del sistema fotovoltaico en la Institución Educativa

##### A. Paneles fotovoltaicos:

Para la implementación del sistema de generación solar fotovoltaico se tomará en cuenta el uso del techo de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, Tomas, Yauyos. El rendimiento del panel decaería al no estar orientado hacia el Norte. Para aprovechar la mayor incidencia de radiación, se orientarán dichos paneles hacia el Norte (ver figura 53). El techo de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 tiene las siguientes medidas: 20.35 metros de largo y 5.75 metros de ancho, formando un área de 117.0125 m<sup>2</sup> (las medidas fueron tomadas con un flexómetro de 30 metros, pues la Institución no cuenta con planos elaborados).

Posteriormente se determinará el área que ocuparán los 4 paneles solares, con potencia de 165 W (dichos paneles estarán conectados en paralelo, unidos por la parte posterior con un armazón de metal).

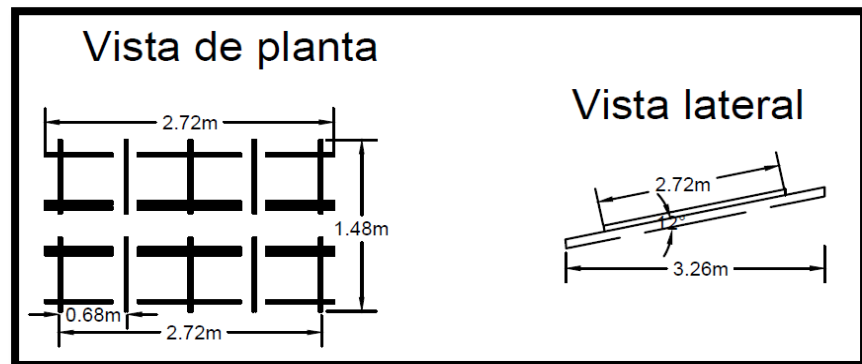


Figura 53. Dimensiones de los paneles solares.

Fuente: elaboración propia.

Se presentan las ecuaciones de distancia de "X" y "Y" de un panel, respectivamente, así como el área por panel y área total:

$$X = 2.72 \times \text{Cos}(12.02) = 2.66 \text{ m}$$

$$Y = 2.72 \times \text{Sen}(12.02) = 0.60 \text{ m}$$

$$\text{Area por panel} = 1.48 \text{ m} \times 0.68 = 1.0064 \text{ m}^2$$

$$\text{Area total} = 1.0064 \text{ m} \times 4 = 4.0256 \text{ m}^2$$

A continuación, en la figura 54, se muestra la distribución y ubicación del sistema fotovoltaico sobre el techo de la Institución Educativa Pública N°20956 - 6. Los 4 paneles unidos están orientados hacia el Norte.

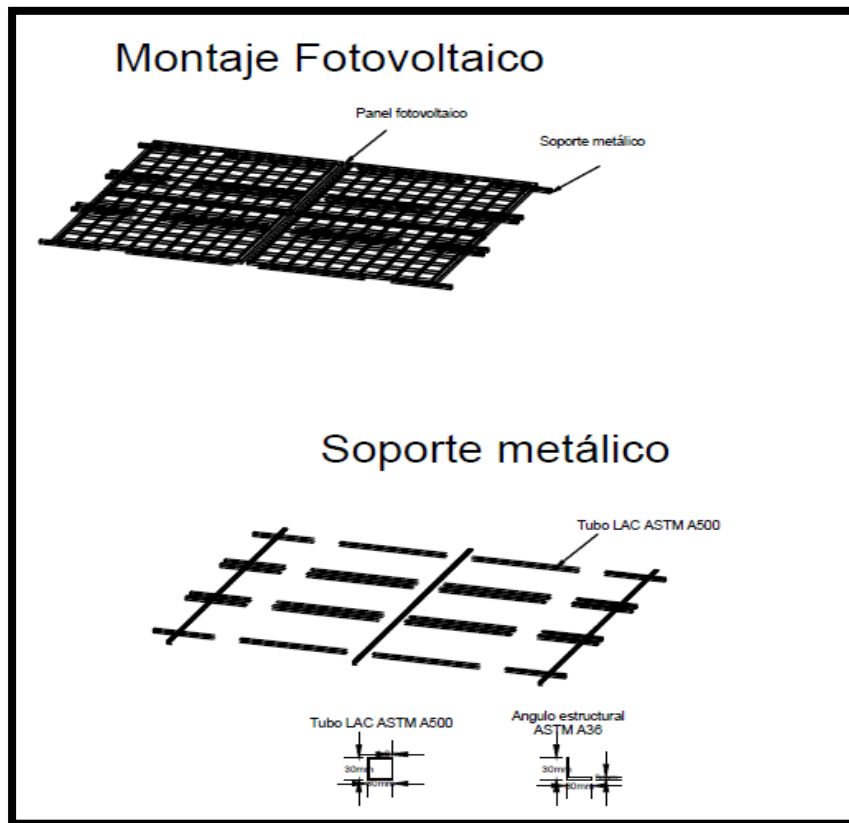


Figura 54. Disposición del sistema fotovoltaico sobre el techo de la Institución.  
Fuente: elaboración propia.

B. Banco de baterías DC:

El banco de baterías estará situado debajo de una mesa desocupada, ubicada en la oficina de la directora. Estará compuesta por dos baterías conectadas en paralelo, con dimensiones de 0.223 m y 0.533 m, las cuales ocuparán un área de 0.24 m<sup>2</sup> (ver anexo 25).

C. Regulador de carga:

El regulador de carga se encontrará instalado en una zona visible (para el control del funcionamiento del sistema solar fotovoltaico). Se ubicará en la pared externa a la oficina de la directora, para su fácil visualización y control (ver anexo 25).



D. Inversor de corriente:

El inversor de corriente estará ubicado junto al banco de baterías, para la facilidad de distribución de energía (como se mencionó anteriormente, solo se cuenta con un inversor) (ver anexo 25).

4.1.5. Características del sistema fotovoltaico

A continuación (tabla 19) se presentan las características más resaltantes del sistema fotovoltaico, después del dimensionamiento y cálculo de cada componente.

Tabla 19. *Características del sistema fotovoltaico.*

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Potencia nominal	0.66	kW
Paneles fotovoltaicos	4.00	Unidades
Eficiencia de generación	16.00	%
Baterías	2.00	Unidades
Capacidad del banco de baterías	500.00	Ah
Capacidad útil del banco de baterías	400.00	Ah

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 20, se presenta el promedio de energía y consumida y generada, así como también el costo respectivo gracias a los datos del anexo 7, el cual contiene los datos necesarios para su cálculo, durante el periodo 2015 - 2018.

Tabla 20. *Energía generada por el sistema fotovoltaico.*

SISTEMA FOTOVOLTAICO		
DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (kWh)	COSTO (S/)
Mensual	233.29	S/ 174.97
Anual	2799.48	S/ 2099.61

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.6. Proceso de instalación del sistema de generación fotovoltaico

##### A. Estudio de proyecto:

Para poder ejecutar el proyecto, lo primero que se realizó fue el estudio de radiación mínima incidente en la zona. Se tomaron en cuenta los datos otorgados por el SENAMHI (ver anexo 2) de los últimos 5 años, para la elaboración de tablas y cálculos, bajo el modelo de Bristow-Campbell. Así también, se realizaron los estudios necesarios (detallados en los capítulos anteriores) para el diseño y dimensionamiento del sistema de generación solar fotovoltaico.

##### B. Prueba de equipos:

En este paso, se llevó a cabo la prueba del correcto funcionamiento de los equipos, donde se verificó que el panel, el inversor, el regulador de carga y las baterías funcionen correctamente y no presenten falla alguna. Además, se verificó que todos los componentes mencionados se encuentren en condiciones óptimas, y cumplan con sus especificaciones técnicas.

##### C. Montaje de paneles:

Para realizar el montaje de los paneles fotovoltaicos, se armó una estructura metálica, (que funciona como soporte), y facilita el armado de los 4 paneles fotovoltaicos (por la parte posterior de los paneles, se empernaron todos juntos sobre dicha estructura). En consecuencia, se tenía un solo armazón, el cual fue instalado en el techo de la Institución Educativa. Para minimizar los costos de instalación, se procedió a armar y montar toda la estructura por cuenta propia, no se hizo la contrata de terceros (ver anexos 11-12-28).

##### D. Montaje y ensamble de inversor, baterías y regulador:

Luego de haber verificado que estos componentes funcionen correctamente, se procedió a hacer la instalación de los mismos. El regulador de carga, se instaló junto a la oficina de la directora, pues es ella la encargada de manipular y cuidar el funcionamiento del sistema fotovoltaico. Además, se hizo la instalación en un lugar de fácil acceso y visible para poder controlar de manera eficaz su funcionamiento. El banco de baterías se instaló debajo de un escritorio desocupado y en desuso en la oficina de la directora, por petición suya, puesto que allí los niños no ingresan, y en los momentos en los que ella sale, la oficina queda cerrada, por temas de seguridad. El inversor también fue instalado en la oficina de la directora, junto al banco de baterías, bajo las mismas razones ya detalladas (ver anexos 25-28).

#### E. Prueba y operación del proyecto:

Una vez finalizada la instalación de todos los componentes del sistema fotovoltaico, se procedió a realizar las pruebas necesarias para determinar el correcto funcionamiento del mismo (medición de corriente y voltaje en el inversor, asimismo, medición de corriente y voltaje en el regulador de carga).

Se procedió a encender cada una de las luminarias para verificar su óptimo funcionamiento. De la misma manera, se procedió a conectar las computadoras "XO", la laptop, la impresora y los demás electrodomésticos, constatando que todo funcionaba correctamente.

Para finalizar, se recalcó a la directora y al equipo de trabajo de la institución sobre la importancia de mantener en buen estado dichos paneles (cuidados y mantenimientos de los mismos), así como también del banco de baterías, del inversor y del regulador de carga. También se capacitó sobre la manipulación de los mismos y de la importancia de mantener estos equipos alejados de los niños (ver anexos 5-28).

#### 4.1.7. Costo del proyecto

A continuación, en las tablas próximas, se detalla el presupuesto del proyecto, a partir de cálculos y cotizaciones recibidas.

##### A. Inversiones fijas:

“Las inversiones fijas son aquellos recursos tangibles e intangibles necesarios para garantizar la realización del proyecto” (30).

Tabla 21. *Materiales y equipos utilizados en el proyecto.*

<b>MATERIALES</b>				
<b>PRESUPUESTO 1</b>				
#	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	4	Panel fotovoltaico REDSOLAR tipo monocristalino 12 V 165 W.	S/ 859.00	S/ 3,436.00
2	2	Batería Upower 12V 250 Ah.	S/ 1,020.00	S/ 2,040.00
3	1	Inversor Hami V12 - 220 V P600W	S/ 340.00	S/ 340.00
4	1	Regulador de carga MorningStar Tipo PWM - V24 - I30	S/ 694.55	S/ 694.55
5	2	Estructura de soporte de paneles para conexión en paralelo	S/ 10.00	S/ 20.00
6	1	Juego de Bornes para Batería	S/ 36.00	S/ 36.00
7	1	Tablero de distribución 1x0.64x0.21 m	S/ 53.00	S/ 53.00
8	60	Cable THW 8 AWG	S/ 4.05	S/ 486.00
9	15	Canaletas de interior	S/ 5.00	S/ 75.00
10	1	Kit de limpieza	S/ 30.00	S/ 30.00
11	5	Philips Bulb 9.5 W Luz Cálida	S/ 12.00	S/ 60.00
12	1	Mini Espiral 20 W Luz Cálida General Electric	S/ 17.00	S/ 17.00
			<b>SUB TOTAL 1</b>	<b>S/ 7,287.55</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Costo de materiales para puesta a tierra.

RESUMEN PROPUESTA ECONÓMICA N° 102-2019					
<b>CLIENTE</b>	:	FELIX ERNESTO NARVAEZ OJEDA			
<b>OBRA</b>	:	INSTALACION DE SPAT PARRES			
<b>LUGAR</b>	:	HUANCAYO			
<b>FECHA</b>	:	15/07/2019			
<b>PRESUPUESTO</b>	:				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	VALOR	VALOR PARCIAL
<b>1 MATERIALES</b>					
1.1	REHILETE LAMINAR	Unid.	1	355.00	S/. 355.00
1.2	TERRA (GRAFTO)	Unid.	2	120.00	S/. 240.00
1.3	CONECTOR 5/8	Unid.	1	5.00	S/. 5.00
1.4	ALONNER	Unid.	1	1.20	S/. 1.20
1.5	CONECTOR OJAL 10 MM	Unid.	1	1.50	S/. 1.50
1.6	CABLE OPT 10 MM	Mtr.	24	5.00	S/. 120.00
1.7	TUBO DE PVC 1"	Unid.	5	7.00	S/. 35.00
1.8	CURVA DE PVC 1"	Unid.	3	1.00	S/. 3.00
1.9	CAJA DE REGISTRO PVC	Unid.	1	35.00	S/. 35.00
<b>2 MANO DE OBRA</b>					
2.1	INSTALACION PUESTA A TIERRA	Gb.	1	400.00	S/. 400.00
2.2	CONEXION PAT A TABLERO	Gb.	1	100.00	S/. 100.00
2.3	CERTIFICADO Y PROTOCCOLO	Gb.	1	100.00	S/. 100.00
2.4	MATICOS	Gb.	1	300.00	S/. 300.00
<b>VALOR TOTAL DEL ESTUDIO</b>					<b>S/. 1,695.70</b>
Impuesto General a las Ventas				18.00%	S/. 305.23
<b>MONTO FINAL DE PRESUPUESTO</b>					<b>S/. 2,000.93</b>

Fuente: elaboración propia.

#### B. Inversiones variables:

Las inversiones diferidas son aquellas que se hacen para adquirir servicios o derechos necesarios para iniciar un proyecto. Cuando no se tiene certeza en la estimación de estos costos, se recomienda incluir una partida para imprevistos que represente entre el 5 % y el 10 % del total de los gastos en inversiones diferidas (30).

Tabla 23. Costo por traslado de materiales.

TRANSPORTE				
PRESUPUESTO 3				
N°	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	1	Traslado de materiales	S/ 100.00	S/ 100.00
<b>SUB TOTAL 3</b>				<b>S/ 100.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Costo del montaje para el sistema fotovoltaico.

<b>MONTAJE ELECTROMECHANICO</b>				
<b>PRESUPUESTO 4</b>				
N°	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	1	Montaje de paneles fotovoltaicos	S/ 650.00	S/ 650.00
2	1	Montaje de baterías	S/ 150.00	S/ 150.00
3	1	Montaje del inversor	S/ 150.00	S/ 150.00
4	1	Conexionado	S/ 350.00	S/ 350.00
5	1	Instalación del Regulador	S/ 150.00	S/ 150.00
<b>SUB TOTAL 4</b>				<b>S/ 1,450.00</b>

Fuente: tomado de Jorson S.A.C.

C. Costos fijos:

La siguiente tabla muestra el costo por el mantenimiento en la vida útil del proyecto. En la tesis titulada “Implementación del sistema de energía solar fotovoltaica y facturación por consumo de energía - Municipalidad Morococha” (25), se recomienda que el mantenimiento total de este tipo de sistemas se debe dar cada 3 años.

Tabla 25. Costo por mantenimiento.

<b>MANTENIMIENTO</b>				
<b>PRESUPUESTO 5</b>				
N°	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	4	Mantenimiento de paneles fotovoltaicos	S/ 100.00	S/ 400.00
2	2	Mantenimiento de baterías	S/ 140.00	S/ 280.00
3	1	Mantenimiento del inversor - regulador	S/ 160.00	S/ 160.00
4	1	Mantenimiento Conexionado	S/ 80.00	S/ 80.00
5	1	Mantenimiento PAT	S/ 80.00	S/ 80.00
<b>SUB TOTAL 5</b>				<b>S/ 1000.00</b>

Fuente: tomado de Jorson S.A.C.

Además, se identificó que, en el presente proyecto, el único equipo que deberá ser repuesto es el banco de baterías, pues este solo dispone de 7 años de vida útil (como máximo).

Tabla 26. *Costos de reposición.*

<b>REPOSICIÓN</b>				
<b>PRESUPUESTO 6</b>				
N°	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	2	Reposición de baterías cada 7 años	S/. 1,020.00	S/. 2,040.00
<b>SUB TOTAL 5</b>				<b>S/. 2,040.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. *Tabla integral de presupuesto del proyecto.*

<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>TOTAL</b>
MATERIALES PARA MONTAJE	S/. 7,287.55
MATERIALES PUESTA A TIERRA	S/. 795.70
<b>COSTOS VARIABLES</b>	
TRASLADO DE MATERIALES	S/. 100.00
MONTAJE DEL SISTEMA (*)	S/. 1,450.00
GASTOS GENERALES	S/. 155.00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>S/. 9,633.25</b>

Fuente: elaboración propia.

D. Energía producida por el sistema fotovoltaico:

A continuación, se muestra el promedio de la simulación (ver anexo 7) gracias a los datos de costo promedio de energía solar otorgados por OSINERGMIN (figura 55) y Copelec, por ello, la energía promedio aportada del sistema fotovoltaico, y su costo promedio, se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 28. *Energía; costo promedio mensual y anual del sistema solar fotovoltaico.*

<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>		
DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (kWh)	COSTO (S/)
Mensual	233.29	S/174.9675
Anual	2799.48	S/2099.61

Fuente: elaboración propia.

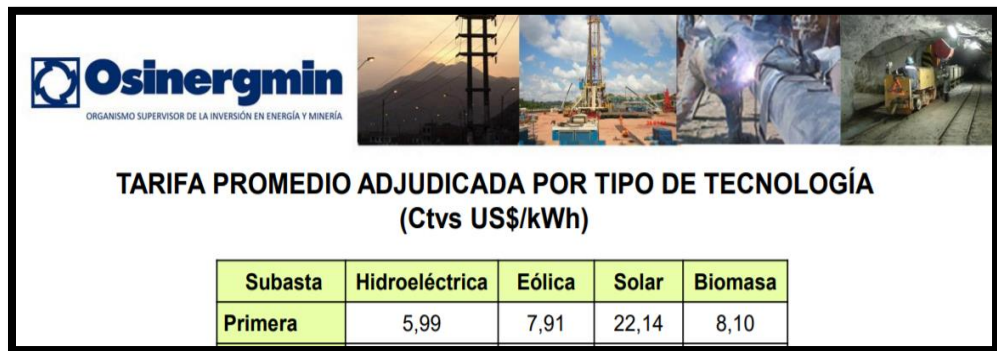


Figura 55. Tarifa adjudicada por OSINERGMIN.

Fuente: OSINERGMIN (19).

E. Financiación:

El financiamiento para el presente proyecto se realizó con fondos propios, es decir, la misma comunidad (el Anexo de Chaucha, en conjunto con la Municipalidad Distrital de Tomas) pagó por la compra de los componentes y materiales para mejorar la educación de sus niños. Adicionalmente, se pagó por el servicio de instalación del sistema de puesta a tierra. Como parte del proyecto, se hizo un reajuste (o ahorro) en los costos por:

- Instalación y montaje del sistema Fotovoltaico.
- Traslado de materiales.

Por tratarse de una tesis que abarca un proyecto, se procedió al montaje e instalación. Cabe mencionar acerca del ahorro en el transporte debido al uso de una movilidad particular.

F. Cronograma de actividades:

A continuación, se muestra el cronograma de actividades a realizar para la elaboración del proyecto, la ruta crítica y la curva S (ver figuras 56, 57 y 58), las cuales determinan el tiempo y el avance del proyecto con respecto a la fecha.



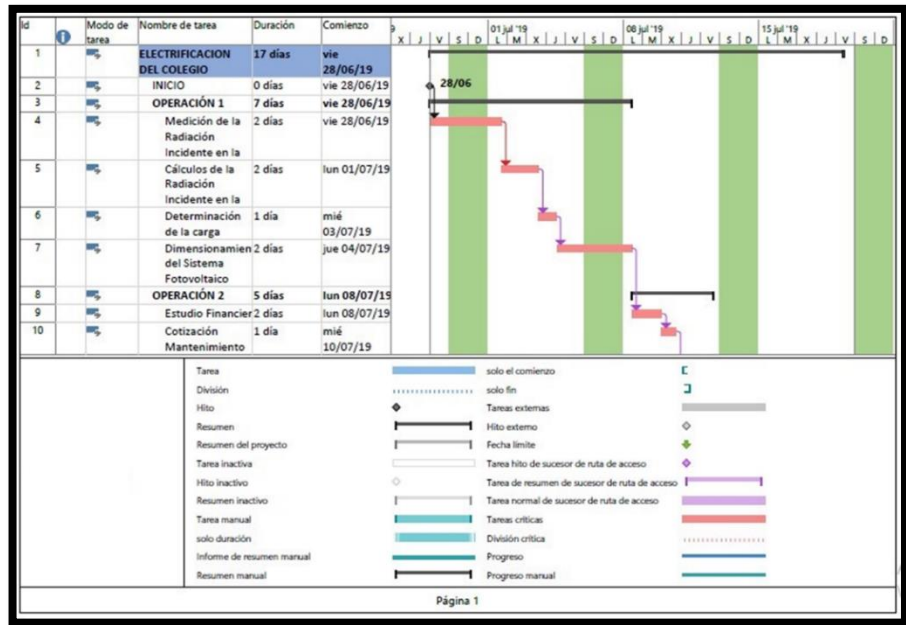


Figura 56. Cronograma de actividades.

Fuente: elaboración propia.

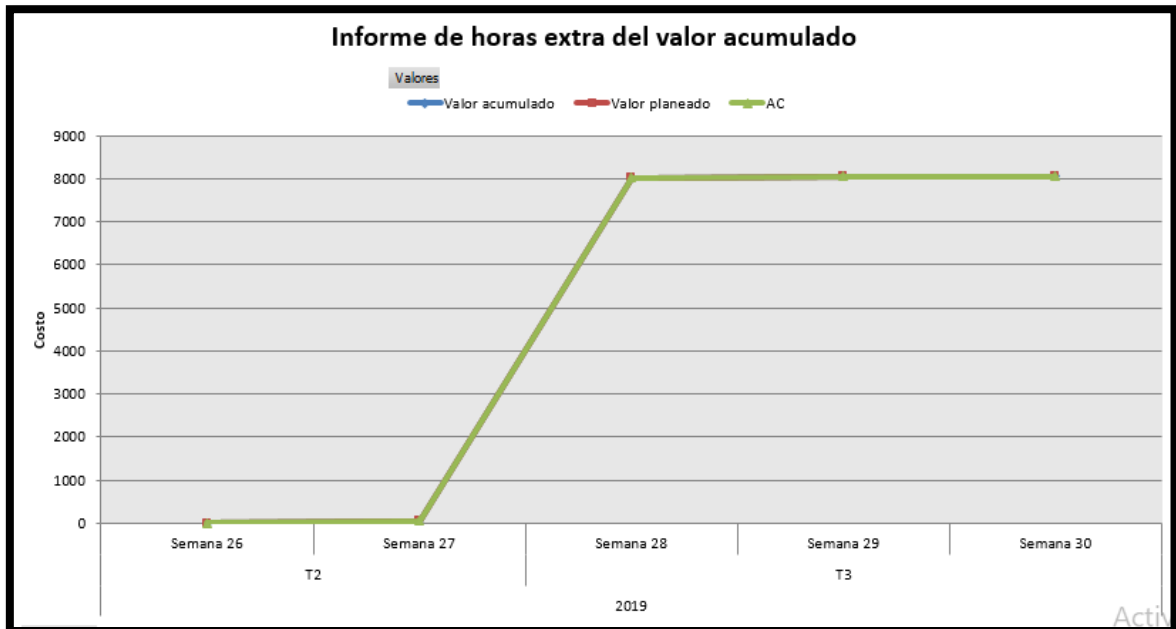


Figura 57. Curva S del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

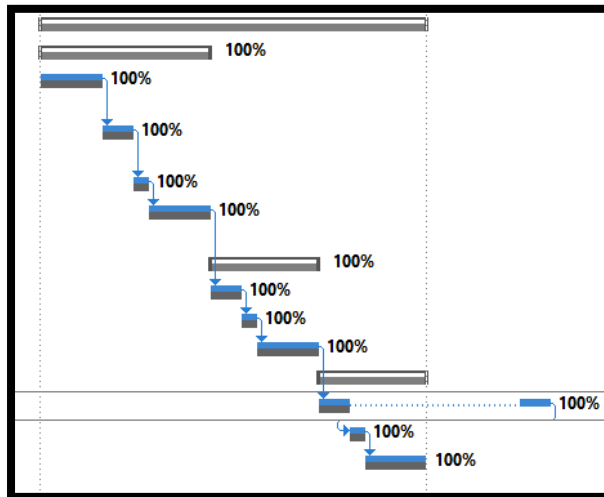


Figura 58. Ruta crítica del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.8. Estudio financiero - económico:

El estudio financiero - económico del presente informe de tesis se realizó tomando en cuenta que la Institución Educativa se hizo cargo de un 50 % del total de la inversión, mientras tanto el 50 % restante se hizo mediante la financiación de una entidad financiera, valga la redundancia. Según Cornejo (31), autor del libro “Evaluación de proyectos - ESAN”, y Del Castillo (32), quien es consultor empresarial y autor del libro “Flujos de fondos de un proyecto: Económico - Financiero”, este tipo de proyectos se efectúan mediante el análisis del modelo llamado CAPM, el cual permite determinar el costo del capital promedio ponderado (WACC o CPPC), el cual está expresado en base al porcentaje del capital, del costo del capital propio, el porcentaje de deuda, el costo de la deuda y la tasa de impuesto.

##### A. Costo del capital promedio ponderado (WACC o CPPC):

“El WACC es una tasa de descuento que mide el costo de capital de una empresa, ponderando la proporción de recursos propios y ajenos utilizados para financiar sus activos. Se utiliza como tasa de descuento para descontar los flujos de fondos operativos y evaluar una inversión mediante el descuento de flujos de fondos” (33).

$$WACC = K_e \left( \frac{PAT}{PAT + D} \right) + K_d(1 - T) \left( \frac{D}{D + PAT} \right)$$

$$WACC = K_e * W_e + K_d * W_d * (1 - T)$$

Donde:

\*Ke = costo de capital propio.

\*Kd = costo de deuda.

\*T = impuesto.

\*D = valor de la deuda financiera contraída.

\*PAT = valor del patrimonio o capital aportado por los accionistas.

\*We = porcentaje de patrimonio.

\*Wd = porcentaje de deuda.

“El costo del patrimonio es un componente de la fórmula del WACC y se refiere al costo del capital propio de los inversores de la empresa. Para calcular el costo del capital propio, se pueden utilizar diferentes métodos, incluyendo el Modelo de Crecimiento de Dividendos (DGM), el Modelo de Arbitraje de Precios (APM) y el Modelo de Fijación de Precios de Capital (CAPM). El objetivo de estos modelos es medir el riesgo no diversificable o riesgo de mercado, y para ello utilizan diversas metodologías” (33).

#### B. Modelo CAPM:

El modelo CAPM establece que la tasa de rentabilidad exigida es igual a la tasa libre de riesgo más una prima por riesgo. Se utiliza en finanzas para determinar la tasa de retorno adecuada de un activo o el costo de capital de una empresa. El modelo tiene en cuenta el riesgo sistemático o de mercado, que se representa a menudo por la beta ( $\beta$ ) en el sector financiero, así como el retorno esperado del mercado y el retorno esperado de un activo teórico libre de riesgo (34).

$$E(R_i) = R_f + \beta[E(R_m) - R_f]$$

Donde:

\*Rf = tasa libre de riesgo.

\*B = sensibilidad de la acción al mercado.

\*E(Rm) = tasa de retorno esperada para el mercado.

\*E(Ri) = costo de capital propio.

El costo de capital propio, sugerido por Del Castillo (32), es del 12 %, el cual guarda relación con lo mencionado por OSINERGMIN, en el archivo de título “El costo de capital en industrias reguladas: una aplicación a la distribución de electricidad en el Perú” (35), en el cual se establece que el costo de capital para industrias que son reguladas se encuentra dentro del rango de 11.40 % y 11.77 %.

En las próximas tablas, se presenta el detalle de los cálculos para determinar los valores financieros VAN y TIR, asimismo, se detalla si el proyecto es factible y viable económicamente.

Para dar validez a los resultados obtenidos en el estudio Económico - Financiero, se tomó como ejemplo la tesis presentada por Ramos (1).

#### C. Proyección de ventas e inversiones:

Tabla 29. *Proyección del sistema fotovoltaico.*

Paso 1		Proyección de ventas									
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Producción de energía</b>		2799.48	2799.48	2799.48	2799.48	2799.48	2799.48	2799.48	2799.48	2799.48	2799.48
<b>Costo de energía</b>		S/ 0.75	S/ 0.75	S/ 0.75	S/ 0.75	S/ 0.75	S/ 0.75	S/ 0.75	S/ 0.75	S/ 0.75	S/ 0.75
<b>Venta de energía</b>	S/0.00	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36

Fuente: elaboración propia.

Tabla 30. *Inversiones fijas del sistema.*

Paso 2		Inversiones fijas				
Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Inversión (S/)	% Dep. Anual	Valor de liquidación (S/)	Vida útil (años)
Panel fotovoltaico REDSOLAR tipo monocristalino 12V 165W.	4.00	S/ 859.00	S/ 3,436.00	3.33 %	0	30
Batería Upower 12V 250Ah.	2.00	S/ 1,020.00	S/ 2,040.00	14.29 %	0	7
Inversor Hami V12 - 220V P600W	1.00	S/ 340.00	S/ 340.00	5.00 %	0	20
Regulador de carga MorningStar Tipo PWM - V24 - I30	1.00	S/ 694.55	S/ 694.55	6.67 %	0	15
Estructura de soporte de paneles para conexión en paralelo	2.00	S/ 10.00	S/ 20.00	3.33 %	0	30
Juego de Bornes para Batería	1.00	S/ 36.00	S/ 36.00	3.33 %	0	30
Tablero de distribución 1x0.64x0.21 m	1.00	S/ 53.00	S/ 53.00	4.00 %	0	25
Cable THW 8 AWG	120.00	S/ 4.05	S/ 486.00	3.33 %	0	30
Canaletas de interior	15.00	S/ 5.00	S/ 75.00	3.33 %	0	30
Kit de limpieza	1.00	S/ 30.00	S/ 30.00	10.00 %	0	10
Philips Bulb 9.5W Luz Cálida	5.00	S/ 12.00	S/ 60.00	50.00 %	0	2
Mini Espiral 20W Luz Cálida General Electric	1.00	S/ 17.00	S/ 17.00	50.00 %	0	2
PUESTA A TIERRA	1.00	S/ 795.70	S/ 795.70	3.33 %	0	30

Fuente: elaboración propia.

Tabla 31. *Inversiones diferidas del sistema fotovoltaico.*

Paso 3		Inversiones diferidas	
Transporte de materiales	1.00	S/ 100.00	S/ 100.00
<b>MONTAJE ELECTROMECHANICO</b>	1.00	S/ 1,450.00	S/ 1,450.00
Gastos generales	10%	S/ 1,550.00	S/ 155.00

Fuente: elaboración propia.

D. Estado de resultados y flujos de caja:

Tabla 32. *Estado de resultados del sistema fotovoltaico.*

Paso 3	Proyectar el Estado de resultados											
	Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas		S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36
Costo fijo		0.00	0.00	1,000.00	0.00	0.00	1,000.00	0.00	-2,040.00	1,000.00	0.00	
Reposición de baterías									-S/ 2,040.00			
Mantenimiento			S/ 0.00	S/ 1,000.00	S/ 0.00		S/ 1,000.00		S/ 0.00	S/ 1,000.00	S/ 0.00	
Depreciación		-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45	-S/ 533.45
Utilidad imponible		S/ 1,555.91	S/ 1,555.91	S/ 2,555.91	S/ 1,555.91	S/ 1,555.91	S/ 2,555.91	S/ 1,555.91	-S/ 484.09	S/ 2,555.91	S/ 1,555.91	
Imp Renta		-S/ 466.77	-S/ 466.77	-S/ 766.77	-S/ 466.77	-S/ 466.77	-S/ 766.77	-S/ 466.77	S/ 145.23	-S/ 766.77	-S/ 466.77	
Ut. Neta (*)		S/ 1,089.14	S/ 1,089.14	S/ 1,789.14	S/ 1,089.14	S/ 1,089.14	S/ 1,789.14	S/ 1,089.14	-S/ 338.86	S/ 1,789.14	S/ 1,089.14	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33. *Flujo operativo del sistema fotovoltaico.*

Paso 4		Flujo operativo									
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36	S/ 2,089.36
Egresos	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 1,000.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 1,000.00	S/ 0.00	-S/ 2,040.00	S/ 1,000.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Imp. Renta	-S/ 466.77	-S/ 466.77	-S/ 766.77	-S/ 466.77	-S/ 466.77	-S/ 766.77	-S/ 466.77	S/ 145.23	-S/ 766.77	-S/ 466.77	-S/ 466.77
	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 194.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59

Fuente: elaboración propia.

Tabla 34. *Flujo de inversiones del sistema.*

Paso 5		Flujo de inversiones									
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	S/ 9,788.25										

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35. *Flujo de caja económico.*

Paso 6		Flujo de caja económico									
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-S/ 9,788.25	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 194.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59

Fuente: elaboración propia.

Tabla 36. *Determinación del CPPC.*

Paso 7		Determinación del CPPC
% Deuda		50.00 %
% Patrimonio		50.00 %
Costo de la deuda (TEA)	BIF	10.09 %
Costo del capital		12.00 %
Tasa impuesto		30.00 %
WACC (CPPC)		9.53 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 37. *Indicadores económicos.*

Paso 8	Indicadores Económicos
VANE	S/ 3401.00
TIRE	14.59 %
B/C	1.36

Fuente: elaboración propia.

Tabla 38. *Periodo de recuperación sin financiamiento.*

Paso 9	Periodo de recuperación de la inversión											
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Flujo neto	-S/ 9,788.25	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 194.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	
Flujo neto descontado	-S/ 9,788.25	S/ 1,481.39	S/ 1,352.48	S/ 1,767.48	S/ 1,127.33	S/ 1,029.23	S/ 1,345.05	S/ 857.90	S/ 93.93	S/ 1,023.58	S/ 652.86	
Flujo neto acumulado	-S/ 9,788.25	-S/ 8,306.86	-S/ 6,954.38	-S/ 5,186.90	-S/ 4,059.56	-S/ 3,030.33	-S/ 1,685.28	-S/ 827.39	-S/ 733.45	S/ 290.12	S/ 942.98	
	Periodo de recuperación de la inversión								8 AÑOS 9 MESES		8.72	

Fuente: elaboración propia.



Tabla 39. Calendarización de la deuda.

Paso 10: Cálculo del calendario de la deuda	
<b>Monto de la deuda</b>	S/ 4,894.13
<b>Costo de la deuda (TEA)</b>	10.09 %
<b>Periodo de capitalización (años)</b>	0.25
<b>Horizonte de repago (años)</b>	5
<b>Monto capitalizado</b>	S/ 5,013.17
<b>Valor de cada cuota anual</b>	S/ 1,325.50

Fuente: elaboración propia.

Tabla 40. Calendario de pago.

Paso 11	Calendario de pago de la deuda											
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Deuda</b>	S/ 5,013.17	S/ 5,013.17	S/ 4,193.49	S/ 3,291.11	S/ 2,297.68	S/ 1,204.02	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	
<b>Cuota</b>		-S/ 1,325.50	-S/ 1,325.50	-S/ 1,325.50	-S/ 1,325.50	-S/ 1,325.50						
<b>Interés</b>		-S/ 505.83	-S/ 423.12	-S/ 332.07	-S/ 231.84	-S/ 121.49	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	
<b>Amortización</b>		-S/ 819.67	-S/ 902.38	-S/ 993.43	-S/ 1,093.67	-S/ 1,204.02	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	
<b>Saldo</b>	S/ 5,013.17	S/ 4,193.49	S/ 3,291.11	S/ 2,297.68	S/ 1,204.02	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 41. *Flujo de caja financiero.*

Paso 12		Flujo de caja financiero										
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Flujo de caja económico	-S/ 9,788.25	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 1,622.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 194.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	
(+) Deuda	S/ 4,894.13											
(-) Amortización		-S/ 819.67	-S/ 902.38	-S/ 993.43	-S/ 1,093.67	-S/ 1,204.02	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	
(-) Intereses		-S/ 505.83	-S/ 423.12	-S/ 332.07	-S/ 231.84	-S/ 121.49	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	
(+) Efecto financiero		S/ 151.75	S/ 126.94	S/ 99.62	S/ 69.55	S/ 36.45	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	
<b>FLUJO DE CAJA FINANCIERO</b>	<b>-S/ 4,894.13</b>	<b>S/ 448.84</b>	<b>S/ 424.02</b>	<b>S/ 1,096.71</b>	<b>S/ 366.64</b>	<b>S/ 333.53</b>	<b>S/ 2,322.59</b>	<b>S/ 1,622.59</b>	<b>S/ 194.59</b>	<b>S/ 2,322.59</b>	<b>S/ 1,622.59</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 42. *Indicadores con financiamiento.*

Paso 13	Indicadores Financieros
VANF	S/ 1991.59
TIRF	16.56 %
B/C	1.42

Fuente: elaboración propia.

Tabla 43. *Periodo de recuperación de la inversión.*

Paso 9		Periodo de recuperación de la inversión										
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Flujo neto	-S/ 4,894.13	S/ 448.84	S/ 424.02	S/ 1,096.71	S/ 366.64	S/ 333.53	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	S/ 194.59	S/ 2,322.59	S/ 1,622.59	
Flujo neto descontado	-S/ 4,894.13	S/ 400.75	S/ 338.03	S/ 780.62	S/ 233.00	S/ 189.26	S/ 1,176.70	S/ 733.98	S/ 78.59	S/ 837.55	S/ 522.43	
Flujo neto acumulado	-S/ 4,894.13	-S/ 4,493.38	-S/ 4,155.35	-S/ 3,374.73	-S/ 3,141.73	-S/ 2,952.47	-S/ 1,775.78	-S/ 1,041.80	-S/ 963.21	-S/ 125.66	S/ 396.77	
<b>Periodo de recuperación de la inversión</b>									<b>9 AÑOS 3 MESES</b>		9.24	

Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Discusión e interpretación de resultados

### 4.2.1. Prueba de hipótesis

#### a. Hipótesis general:

$H_0$ : El diseño del sistema de energía solar fotovoltaica en la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima no es correcta, pues la probabilidad de la prueba t para las medias de dos muestras emparejadas, es menor al nivel de significancia del 5 %.

$H_a$ : El diseño del sistema de energía solar fotovoltaica en la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es correcta, pues la probabilidad de la prueba t para las medias de dos muestras emparejadas es menor al nivel de significancia del 5 %.

Tabla 44. Valores para la prueba de hipótesis general.

Periodo	Variable Independiente				Variable Dependiente			
	Rad. Nasa	Rad. SENAMHI	Rad. Promedio (kWh/m <sup>2</sup> )	Área del panel (m <sup>2</sup> )	Número de Paneles	Eficiencia del panel	Energía Generada (kWh)	Energía Consumida (kWh)
Ene-15	7.04	5.02	6.03	1.5500	4	20 %	221.52	48.63
Feb-15	7.22	5.47	6.35	1.5500	4	20 %	233.13	48.63
Mar-15	7.21	5.90	6.55	1.5500	4	20 %	240.75	48.63
Abr-15	7.05	6.07	6.56	1.5500	4	20 %	241.03	48.63
May-15	6.71	6.37	6.54	1.5500	4	20 %	240.19	48.63
Jun-15	6.08	6.55	6.32	1.5500	4	20 %	232.04	48.63
Jul-15	5.79	6.56	6.17	1.5500	4	20 %	226.80	48.63
Ago-15	6.10	6.51	6.30	1.5500	4	20 %	231.58	48.63
Set-15	6.72	6.04	6.38	1.5500	4	20 %	234.28	48.63
Oct-15	6.93	5.78	6.35	1.5500	4	20 %	233.44	48.63
Nov-15	6.90	5.38	6.14	1.5500	4	20 %	225.53	48.63
Dic-15	7.06	5.01	6.03	1.5500	4	20 %	221.68	48.63
Ene-16	6.97	5.33	6.15	1.5500	4	20 %	225.87	48.63
Feb-16	7.35	5.44	6.40	1.5500	4	20 %	234.94	48.63
Mar-16	7.17	6.04	6.60	1.5500	4	20 %	242.55	48.63

Abr-16	6.92	6.29	6.61	1.5500	4	20 %	242.65	48.63
May-16	6.39	6.51	6.45	1.5500	4	20 %	237.01	48.63
Jun-16	6.02	6.69	6.35	1.5500	4	20 %	233.41	48.63
Jul-16	5.72	6.77	6.25	1.5500	4	20 %	229.43	48.63
Ago-16	6.29	6.48	6.38	1.5500	4	20 %	234.49	48.63
Set-16	6.52	6.30	6.41	1.5500	4	20 %	235.46	48.63
Oct-16	6.73	5.74	6.24	1.5500	4	20 %	229.06	48.63
Nov-16	6.42	5.58	6.00	1.5500	4	20 %	220.40	48.63
Dic-16	7.07	5.06	6.07	1.5500	4	20 %	222.88	48.63
Ene-17	7.38	4.83	6.11	1.5500	4	20 %	224.32	48.63
Feb-17	7.32	5.32	6.32	1.5500	4	20 %	232.22	48.63
Mar-17	7.35	5.57	6.46	1.5500	4	20 %	237.25	48.63
Abr-17	6.90	6.10	6.50	1.5500	4	20 %	238.85	48.63
May-17	6.86	6.34	6.60	1.5500	4	20 %	242.51	48.63
Jun-17	6.27	6.60	6.44	1.5500	4	20 %	236.44	48.63
Jul-17	5.95	6.95	6.45	1.5500	4	20 %	236.85	48.63
Ago-17	6.10	6.87	6.48	1.5500	4	20 %	238.19	48.63
Set-17	6.80	6.13	6.46	1.5500	4	20 %	237.44	48.63
Oct-17	6.87	5.71	6.29	1.5500	4	20 %	231.15	48.63
Nov-17	6.88	5.61	6.24	1.5500	4	20 %	229.41	48.63
Dic-17	6.89	5.10	5.99	1.5500	4	20 %	220.18	48.63
Ene-18	7.21	5.09	6.15	1.5500	4	20 %	226.01	48.63
Feb-18	7.22	5.60	6.41	1.5500	4	20 %	235.40	48.63
Mar-18	7.31	5.91	6.61	1.5500	4	20 %	242.78	48.63
Abr-18	6.91	6.37	6.64	1.5500	4	20 %	243.95	48.63
May-18	6.37	6.69	6.53	1.5500	4	20 %	239.83	48.63
Jun-18	6.28	6.86	6.57	1.5500	4	20 %	241.33	48.63
Jul-18	6.23	6.78	6.51	1.5500	4	20 %	239.01	48.63
Ago-18	6.49	6.70	6.59	1.5500	4	20 %	242.19	48.63
Set-18	6.45	6.39	6.42	1.5500	4	20 %	235.82	48.63
Oct-18	7.05	5.52	6.28	1.5500	4	20 %	230.84	48.63
Nov-18	6.85	5.37	6.11	1.5500	4	20 %	224.43	48.63
Dic-18	6.82	5.23	6.02	1.5500	4	20 %	221.27	48.63

Fuente: elaboración propia.

Tabla 45. *Comprobación de hipótesis.*

	Variable 1	Variable 2
Media	6.350560387	48.63
Varianza	0.036065254	3.29992E-27
Observaciones	48	48
Coeficiente de correlación de Pearson	-1.96932E-16	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	47	
Estadístico t	-1542.429582	
P(T≤t) una cola	1.6256E-112	
Valor crítico de t (una cola)	1.677926722	
<b>P(T≤t) dos colas</b>	<b>0.0000000000</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.011740514	

Fuente: elaboración propia con Excel.

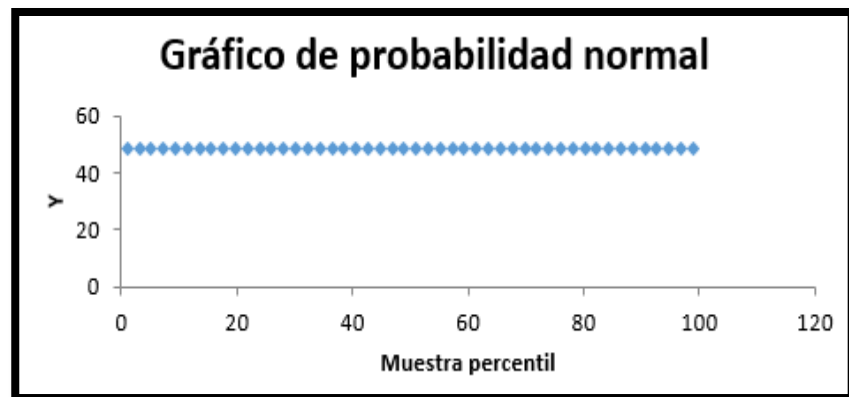


Figura 59. Gráfica de probabilidad normal.

Fuente: elaboración propia con Excel.

El p-valor de la prueba es de 0.00000, la cual es menor al valor de alfa (0.05).

$$p\text{-valor} < 0.05$$

Decisión estadística: se decidió rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), por ello, en esta investigación se concluye que la implementación del sistema fotovoltaico es correcta, pues como se puede observar en la tabla 45, la probabilidad del resultado es menor al 5 % establecido en la prueba t para dos muestras emparejadas.

b. Hipótesis específicas:

Hipótesis específica 1:

La radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019 es suficiente para la generación de energía eléctrica en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, pues supera la radiación mínima establecida de 3,5 kWh/m<sup>2</sup>.

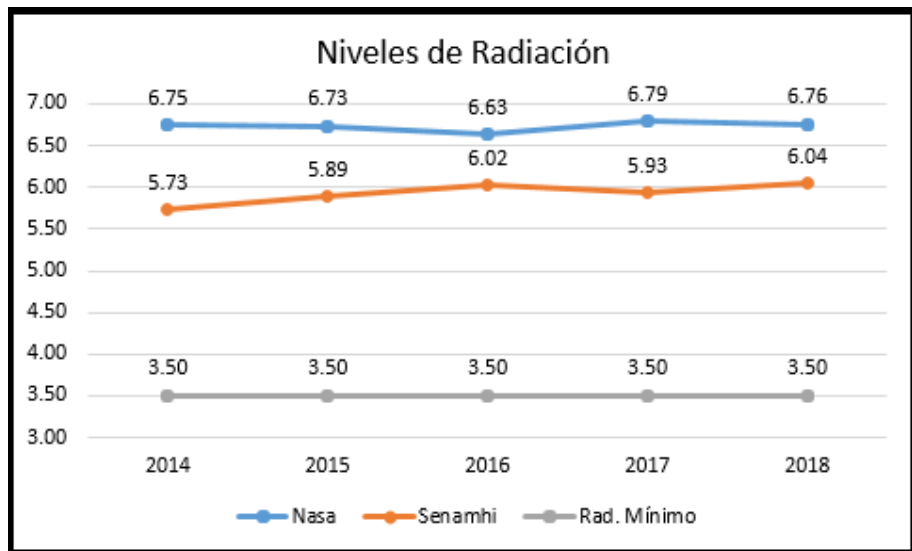


Figura 60. Comparación en los niveles de radiación (kWh/m<sup>2</sup> - año).

Fuente: elaboración propia.

Decisión estadística: se muestra en la figura 60, que el nivel de radiación que incide en el Anexo de Chaucha es el suficiente para la implementación de un sistema solar fotovoltaico, pues como se demuestra, el nivel de irradiación promedio incidente en la zona es de 6.73 kWh/m<sup>2</sup> según los datos obtenidos de NASA (ver tabla 11). Adicionalmente, según los datos proporcionados por SENAMHI (ver tabla 10), el nivel de radiación promedio incidente en Chaucha es de 5.93 kWh/m<sup>2</sup>. Para ambos casos, el valor promedio supera los 3.5 kWh/m<sup>2</sup>, establecido mediante la Resolución Directoral N° 003-2007-EM-DGE para la generación de energía eléctrica mediante sistemas solares fotovoltaicos.

## Hipótesis específica 2:

La implementación del sistema de generación fotovoltaica es factible financiera, técnica y económicamente, porque posee lo necesario y requerido para su operación. Además, el indicador económico - financiero VAN es mayor a 0.

Decisión técnica: se concluye la factibilidad y viabilidad del sistema fotovoltaico, mediante las siguientes observaciones:

- La irradiación promedio incidente en esta zona es de 6.33 kWh/m<sup>2</sup>, la cual supera tranquilamente el valor mínimo establecido por la normativa nacional.
- El sistema fotovoltaico está constituido por 4 paneles solares, los cuales poseen una potencia de 165 W, logrando así una potencia instalada de 660 W.
- Al poseer un regulador de carga, el sistema puede controlar la cantidad de energía generada por los paneles solares, teniendo así un mejor control de la misma. Asimismo, al tener instalado el inversor de corriente, el sistema garantiza la calidad de producto en:
  - El control del nivel de voltaje (220 V  $\pm$  5 %) por su fácil lectura en los voltímetros análogos.
  - El tipo de onda (senoidal pura).
  - La frecuencia en 60 Hz.

Decisión económica: se concluye que, económicamente, el proyecto es viable por las siguientes razones:

- El Valor Actual Neto Económico, o VANE, del proyecto es de S/ 3401,00.00, lo cual es superior a 0. Este valor indica que el proyecto es viable, pues quedan “ganancias” descontando los gastos y egresos que existan.
- La Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE) tiene un valor de 14.59 %, la cual es superior a la Tasa de Costo de Capital (WACC) que tiene un valor de 9.53 %. Al ser este el caso, el proyecto es aceptado.

- El valor del Costo - Beneficio es de 1.36, lo que indica que el proyecto es aceptable, pues los beneficios superan la inversión.

Decisión financiera: se concluye que, financieramente, el proyecto es viable por las siguientes razones:

- El Valor Actual Neto Financiero, o VANF, del proyecto es de S/ 1991.59, lo cual es superior a 0. Este valor indica que el proyecto es rentable, a pesar del financiamiento externo.
- La Tasa Interna de Retorno Financiero (TIRF) tiene un valor de 16.56 %, la cual es superior a la Tasa de Costo de Capital del Accionista que tiene un valor de 12 %. Al ser este el caso, el proyecto es aceptado porque se “ganará” más de lo invertido.
- El valor del Beneficio - Costo es de 1.42, lo cual indica que los beneficios superan las inversiones, y por ello, el proyecto es viable.

Decisión social: al tratarse de una Institución Pública que alberga alumnos en ocasiones, la estadía de los mismos en el colegio (en épocas donde el clima es desfavorable, o dificulte su regreso a casa), será favorecida, pues podrán utilizar el colegio como albergue, ya que tiene acondicionado un ambiente para ese caso. Además, podrán contar con alumbrado interno (ver anexo 28).

#### 4.2.2. Discusión de resultados

En el proyecto de investigación titulado “Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico para la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, Provincia de Yauyos, Lima” se planteó como objetivo general diseñar e implementar un sistema de energía solar fotovoltaica para la electrificación en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019, corroborando su validez con la prueba t para medias de dos muestras emparejadas con un nivel de significancia del 5 %. Asimismo, se plantearon, como objetivos específicos:



- Determinar si la radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019 supera la radiación mínima establecida en 3.5 kWh/m<sup>2</sup> para la generación de energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6.
- Determinar la factibilidad financiera y económica de la implementación del sistema fotovoltaico en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, con un valor del VAN mayor a 0.

Respecto a la hipótesis general, se afirma que el diseño del sistema de energía solar fotovoltaica en la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es correcta, pues la probabilidad de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas es menor al nivel de significancia del 5 %, haciendo que se rechace la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepte la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), como se puede corroborar en la tabla 45. Este resultado guarda cierta relación con la tesis presentada por Ramos (1), titulada “Estudio de implementación de un sistema eléctrico fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del pabellón L de la Universidad Continental - Huancayo, 2018”, en donde afirma que la implementación de paneles solares son una opción factible al momento de electrificar una institución.

Asimismo, se acepta la hipótesis alternativa, pues se cumple con las condiciones establecidas por OSINERGMIN (nivel de voltaje igual a 220 V, con una tolerancia del  $\pm 5$  %, frecuencia a 60 Hz, con una tolerancia del  $\pm 0.6$  %). Estas pueden ser corroboradas en el anexo 28, donde se hace la medición de tensión del sistema fotovoltaico. También se afirma que el proyecto es viable, pues el nivel de radiación incidente en dicha zona es óptimo (supera la establecida por la Resolución Directoral N° 003-2007-EM-DGE, cuyo valor es de 3.5 kWh/m<sup>2</sup>). En cuanto al aspecto económico, es un proyecto con una inversión a tener en cuenta, pero teniendo en cuenta que, al no existir líneas de transmisión cercanas, ni otras maneras de electrificar a dicha institución, la solución fue optar por las energías renovables, pues, teniendo los cuidados respectivos, y realizando sus mantenimientos respectivos, implica un largo tiempo de duración, sin generar costo alguno por concepto de consumo de electricidad. También,

se corrobora con los valores obtenidos en los cálculos del VAN y TIR, detallados en las tablas 37 y 42, las cuales respaldan la validez del proyecto.

En cuanto a las hipótesis específicas, se aprecia la aceptación de la hipótesis la radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019 es suficiente para la generación de energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, pues supera la radiación mínima establecida de 3.5 kWh/m<sup>2</sup>.”, como se puede observar en la figura 16, el promedio de radiación solar incidente en el departamento de Lima (específicamente en la sierra) varía entre los 5.5 - 6.0 kWh/m<sup>2</sup>. Para corroborar dicha información, se trabajó con los datos proporcionados por NASA y SENAMHI respectivamente. Los resultados fueron: 6.73 kWh/m<sup>2</sup> y de 5.92 kWh/m<sup>2</sup> (mostrados en las tablas 10 y 11 respectivamente). Estos valores superan por un amplio rango al establecido en la Resolución Directoral N° 003-2007-EM-DGE, la cual es de 3.5 kWh/m<sup>2</sup>. Como resultado final, se aprueba la hipótesis mencionada por estar dentro de los valores permitidos.

Por otro lado, también se aprecia la aceptación de la segunda hipótesis: la implementación del sistema de generación fotovoltaica es factible financiera, técnica y económicamente, porque posee lo necesario y requerido para su operación. Además, el indicador económico - financiero VAN es mayor a 0. Con ello, se concluye que el proyecto cumple con los estándares de calidad y servicio determinados por OSINERGMIN. Para la aceptación de esta hipótesis, la base fueron los resultados obtenidos en las tablas 37 y 42, en las cuales se detallan los valores:

- El proyecto es viable económicamente, porque el VANE es mayor a 0 y tiene un valor de S/ 3401.00, la TIRE, con un valor de 15.59 %, es mayor a la WACC, el cual tiene un valor de 9.53 %, y el indicador Beneficio - Costo es de 1.42, la cual es mayor a 1 (tabla 37).
- El proyecto es viable financieramente, porque el valor del VANF es de S/ 1991.59, la cual supera a 0. La TIRF tiene un valor de 16.56 %, superando al 12 % del valor de la tasa de costo de capital del accionista. Por último, el indicador Beneficio - Costo tiene un valor de 1.42, también mayor a 1 (tabla 42).

Se acepta la hipótesis, porque según definición, los valores VANE Y TIRE miden la rentabilidad de un proyecto, mientras que el VANF y TIRF miden la rentabilidad de la inversión. Para ambos casos, los valores son positivos. Esta validez guarda relación con la tesis "Estudio de implementación de un sistema eléctrico fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del pabellón L de la Universidad Continental - Huancayo, 2018, realizado por Ramos (1), donde se menciona que la implementación es viable por los indicadores: VAN de S/ 6193.75, TIR de 12.72 % y beneficio - costo de 1.23.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que el “Estudio e Implementación de un sistema fotovoltaico para la Electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, Tomas, Yauyos, Lima” es posible, factible y viable, porque el proyecto cumple con las normas de calidad de producto (en cuanto a tensión y frecuencia): la variación de la tensión de salida no debe variar de los 220 V (en caso así sea, no debe sobrepasar el  $\pm 5\%$  establecida en el Código Nacional de Electricidad, mientras que la variación de la frecuencia debe ser de 60 Hz, con una variación del  $\pm 0.6\%$ ).
- Se concluye también que la implementación del Sistema Fotovoltaico es posible según la prueba t de student. El valor de significancia es menor al 5 % que se establece
- Se concluye que la radiación incidente sobre el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es óptima y la suficiente para implementar un sistema de generación fotovoltaico para la electrificación de la Institución Pública N° 20956 - 6, pues, según la Resolución Directoral N° 003-2007-EM-DGE, el nivel mínimo para la implementación de estos sistemas es de 3.5 kWh/m<sup>2</sup>, y en la zona mencionada, la radiación incidente varía dentro del rango de 5.5 - 6.0 kWh/m<sup>2</sup> (como se indican en las tablas 10 y 11). Con los cálculos, datos y mediciones realizadas, se tienen como valores:
  - Radiación NASA: 6.73 kWh/m<sup>2</sup>.
  - Radiación SENAMHI: 5.92 kWh/m<sup>2</sup>.
- Se concluye, mediante la simulación realizada en el anexo 7, que el sistema de generación fotovoltaico implementado genera 152.77 kWh de energía mensualmente.
- Se concluye que la potencia instalada en la Institución Educativa N° 20956 - 6, es de 589.5 W, la cual puede tener un consumo de energía de 1621.5 Wh al día, haciendo un total de 48.645 kWh al mes. Con el sistema instalado, se tiene un total de 152.77 kWh al mes, logrando así una reserva de 60 %.
- Se logra concluir también, la factibilidad y viabilidad económica del proyecto, pues los valores que se obtuvieron en dichos cálculos (según la tabla 37) son:
  - El VANE (Valor Actual Neto Económico) es de S/ 3401.00, el cual es mayor a 0, indicando que el proyecto es viable económicamente.

- El TIRE (Tasa Interna de Retorno Económico) es de 14.59 %, superando el valor del WACC, que es de 9.53 %. Este indicador también demuestra que el proyecto es viable.
  - El valor de Costo - Beneficio es de 1.36. El proyecto garantiza una ganancia mayor a la inversión.
- Asimismo, se concluye que el proyecto es factible y viable financieramente (se indica en la tabla 40) por lo siguiente:
- El VANF (Valor Actual Neto Financiero) es de S/ 1991.59, el cual es mayor a 0. Con ello, se aprueba la rentabilidad del proyecto, a pesar de su financiamiento.
  - El TIRF (Tasa Interna de Retorno Financiero) es de 16.56 %, el cual supera al 12 % que es la tasa de costo de capital del accionista. El proyecto genera ganancias.
  - El Beneficio - Costo tiene un valor de 1.42, el cual indica que el proyecto es viable.
- Se logra concluir en el proyecto que, al tener un costo de inversión moderado, se realicen las manipulaciones y mantenimiento correspondientes por personal calificado, pues de esta forma se garantiza el cumplimiento del tiempo de vida de los equipos, optimizando así en un 100 % aproximadamente, la eficiencia de los mismos.
- Se concluye también, mediante los cálculos realizados en el Microsoft Excel, que el ángulo recomendable para aprovechar mejor la radiación solar incidente en Chaucha, es de 12°, orientado hacia el Norte.
- Se concluye que, para sistemas aislados donde no existen líneas de transmisión cercanas, las energías renovables son una alternativa muy segura y accesible, pues no dependen de instalaciones complejas, y son accesibles económicamente.
- Finalmente, se concluye que las energías renovables son una fuente confiable de electricidad, además, generan un impacto ambiental menor o casi nulo frente a las energías convencionales (por ejemplo, la generada térmicamente).

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda, en primera instancia, mantener a los niños alejados de la zona donde se realizó la instalación de los paneles, pues al tratarse de equipos muy delicados, pueden dañarse si no se tienen los cuidados respectivos.
- Se recomienda, para futuros proyectos similares a este, realizar las mediciones de radiación incidente en la zona con un piranómetro, pues los datos son más exactos, y con menor índice de error.
- Se recomienda respetar el tiempo para el mantenimiento de los equipos (cada 3 años), pues al no hacerlo en el tiempo indicado, disminuye el tiempo de vida de los mismo, así como también su eficiencia.
- Se recomienda a la directora de la institución que oriente, tanto a sus alumnos como a los padres de familia, sobre la importancia de mantener y cuidar su sistema fotovoltaico, pues es la única fuente de energía que abastece a dicha institución por el momento.
- Se recomienda, de manera general, invertir más en proyectos que estimulen el uso de energías renovables, pues tienen menor impacto ambiental al no generar gases de efecto invernadero (como en las energías convencionales - energía térmica).
- Se recomienda utilizar los equipos y accesorios que posean el 100% de calidad, confiabilidad, disponibilidad, selectividad y seguridad para mejorar la eficiencia energética.
- Se recomienda mantener la demanda y consumo de energía establecido en este proyecto, pues la inclusión de artefactos nuevos a dicha red, sobrecargarían el sistema, ocasionando que falle y se averíe (para el incremento de la demanda, se necesita realizar el estudio para el incremento y dimensionamiento de equipos).
- Para realizar el mantenimiento, Autosolar (36) recomienda lo siguiente: “las células de silicio del panel solar producen energía eléctrica al reaccionar con los fotones, por lo que es importante mantener la superficie limpia para recibir la máxima radiación. Se recomienda limpiar el panel con agua y una pequeña cantidad de jabón, evitando el uso de detergentes o materiales de limpieza ásperos. La mejor manera de limpiar es con una esponja suave y lavavajillas, y luego aclarar con agua abundante. Se recomienda limpiar el panel solar 3 - 4 veces al año, o con mayor frecuencia en áreas con mucho polvo y suciedad”.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) RAMOS, A. Estudio de implementación de un sistema eléctrico fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del pabellón "L" de la Universidad Continental - Huancayo, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Huancayo: Universidad Continental, 2018.
- (2) HUISA, F. Acondicionamiento para el aprovechamiento de la energía solar en la I.E. Alfonso Ugarte. Tesis (Título de Arquitecto). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013.
- (3) CLEMENTE, W. Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas. Tesis de Maestría (Magíster en Tecnología Energética). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.
- (4) DÍAZ, J. Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al caserío Laquipampa Bajo Incahuasi, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2017.
- (5) MUÑOZ, D. Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2005.
- (6) SÁNCHEZ, M. Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del Establo GESA - Lambayeque. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2017.
- (7) NAVARRO, S., GONZÁLEZ, J. y LÓPEZ, C. Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples. Tesis de Maestría (Ciencias en Energías Renovables). Guadalajara: Universidad Tecnológica de Jalisco, 2012.
- (8) PRADO, C. Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada. Trabajo de investigación (Bachiller en Ingeniería Eléctrica). Golfo de San Blas: Universidad de Costa Rica, 2008.
- (9) GONZÁLES, G., ZAMBRANO, J. y ESTRADA, E. Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragón del golfo de Guayaquil, provincia de Guayas. Tesis (Título de Ingeniero Eléctrico). Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2014.

- (10) GÁLVIJ, J. y GUTIÉRREZ, R. Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia, departamento de la Guajira - Colombia. Trabajo de investigación (Especialización en Gestión de Proyectos). Guajira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, 2013.
- (11) PERPIÑAN, O., COLMENAR, A. y CASTRO, M. *Diseño de sistemas fotovoltaicos*. Sevilla: PROGENSA, 2012. ISBN: 978-84-95693-72-3.
- (12) CARTA, J., y otros. *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: Pearson, 2009. ISBN: 9788483226001.
- (13) AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA [En línea]. La radiación solar [fecha de consulta: 12 de julio de 2019]. Disponible en: [http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf).
- (14) SOSA, C. *Caracterización de la radiación directa normal en Sevilla (Periodo 2000-2005)*. Sevilla: Departamento de Termodinámica y Energías Renovables, 2006.
- (15) DE JUANA, J., y otros. *Energías renovables para el desarrollo*. Madrid: Paraninfo, 2008. ISBN: 978-84-2287-2864-7.
- (16) BAUTISTA, I. *Cálculo de la radiación solar extraterrestre en función de la latitud y la declinación solar*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2016.
- (17) SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. *Atlas de energía solar del Perú*. Lima: Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales, 2003.
- (18) POWER [En línea]. Data Access Viewer [fecha de consulta: 12 de julio de 2019]. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>.
- (19) ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN DE ENERGÍA Y MINERÍA. *Supervisión de contratos de proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica en operación*. Lima: División de Supervisión de Electricidad, 2018.
- (20) GAMIO, P. *Perú Potencial Energético: propuestas y desafíos*. Lima: Círculo de Derecho Administrativo, 2016.
- (21) SALVADOR ESCODA S.A. *Libro Blanco de las Energías Renovables*. Barcelona: División de Energías Renovables, 2017.
- (22) CASTRO, M., CARPIO, J. y COLMENAR, A. *Energía solar fotovoltaica*. España: Promotora General de Estudios, 2000. ISBN: 978-8495693709.
- (23) HARPER, G. *El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos*. México: Limusa, 2011. ISBN: 978-607-05-0269-9.



- (24) CARPIO, M., GUIRADO, R. y CASTRO, M. *Energía solar fotovoltaica*. España: Progensa, 2008. ISBN: 978-8495693471.
- (25) LULO, J. Implementación del sistema de energía solar fotovoltaico y facturación por consumo de energía en la Municipalidad Distrital de Morococha, Yauli - Junín. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Huancayo: Universidad Continental, 2017.
- (26) PARRO AR [En línea]. Diccionario de Arquitectura y Construcción [fecha de consulta: 05 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-espectro+solar>.
- (27) ENERGÍA SOLAR [En línea]. Ubicación, orientación e inclinación de los paneles solares, 2016 [fecha de consulta: 12 de julio de 2019]. Disponible en: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/ubicacion-de-los-paneles-solares>.
- (28) VALDIVIEZO, P. Diseño de un sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.
- (29) PROMELSA [En línea]. Disponible en: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000464.pdf>
- (30) MIRANDA, J. *Gestión de proyectos: Identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental*. Bogotá: MM Editores, 2012.
- (31) CORNEJO, R. *Evaluación de proyectos*. Lima: ESAN, 2017.
- (32) DEL CASTILLO, J. *Flujos de fondos de un proyecto: Económico - Financiero*. Lima: JDELCA, 2017.
- (33) COELLO, A. [En línea]. Costo de capital promedio ponderado (WACC), 2015 [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://aempresarial.com/servicios/revista/324\\_9\\_RNBMQJTOEZIOLSSMSWQOCDWMJRZXXBPPYBFIUTNUCBFUTSNPI.pdf](http://aempresarial.com/servicios/revista/324_9_RNBMQJTOEZIOLSSMSWQOCDWMJRZXXBPPYBFIUTNUCBFUTSNPI.pdf).
- (34) COELLO, A. [En línea]. Modelo CAPM [fecha de consulta: 1 de febrero de 2019]. Disponible en: [http://aempresarial.com/servicios/revista/323\\_9\\_CFNPUOGILAVDFVDBGWCSUEXRUGSOPHOKNCZIQGQCGMGMHHTDJL.pdf](http://aempresarial.com/servicios/revista/323_9_CFNPUOGILAVDFVDBGWCSUEXRUGSOPHOKNCZIQGQCGMGMHHTDJL.pdf).
- (35) OSINERGMIN [En línea]. El costo de capital en industrias reguladas: una aplicación a la distribución de electricidad en el Perú [fecha de consulta: 01 de febrero de 2019]. Disponible en: [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Documentos\\_de\\_Trabajo/Documento\\_de\\_Trabajo\\_19.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Documentos_de_Trabajo/Documento_de_Trabajo_19.pdf).

(36) AUTOSOLAR [En línea]. Mantenimiento de paneles solares, 2019 [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-mantenimiento-requiere-un-panel-solar>.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es el diseño, para electrificar la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima mediante un sistema de energía solar fotovoltaico en el periodo 2019?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>*¿La radiación existente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es la suficiente para la generación de energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6?</p> <p>*¿Es factible, financiera y económicamente, la implementación del sistema de energía solar Fotovoltaico en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Diseñar e implementar un sistema de energía solar fotovoltaica para la electrificación en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019, corroborando su validez con la prueba t para medias de dos muestras emparejadas con un nivel de significancia del 5 %.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>*Determinar si la radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019 supera la radiación mínima establecida en 3.5 kWh/m<sup>2</sup> para la generación de energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6.</p> <p>*Determinar la factibilidad financiera y económica de la implementación del sistema fotovoltaico en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, con un valor del VAN mayor a 0</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El diseño del sistema de energía solar fotovoltaica en la electrificación de la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6 del Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima es correcta, pues la probabilidad de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas es menor al nivel de significancia del 5 %.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>*La radiación incidente en el Anexo de Chaucha, distrito de Tomas, provincia de Yauyos, Lima 2019 es suficiente para la generación de energía en la Institución Educativa Pública N° 20956 - 6, pues supera la radiación mínima establecida de 3,5 kWh/m<sup>2</sup>.</p> <p>*La implementación del sistema de generación fotovoltaica es factible financiera, técnica y económicamente, porque posee lo necesario y requerido para su operación. Además, el indicador económico - financiero VAN es mayor a 0</p>	<p><b>Variable independiente (X):</b></p> <p><b>Sistema de generación fotovoltaico.</b></p> <p>Es una fuente de energía que produce electricidad de forma renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor llamado celda fotovoltaica.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p><b>Sistema fotovoltaico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiación solar</li> <li>• Potencia eléctrica generada.</li> <li>• Costo del sistema fotovoltaico.</li> </ul> <p><b>Variable dependiente (Y):</b></p> <p><b>Electrificación.</b></p> <p>Dícese de la acción en la cual se provee de electricidad a una zona en la cual no existe dicho servicio, mediante líneas de energía o sistemas renovables de generación.</p> <p><b>DIMENSIONES:</b></p> <p><b>Energía eléctrica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrificación rural</li> </ul> <p>consumo de energía eléctrica.</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Aplicada.</p> <p><b>Método de investigación:</b></p> <p>Método científico, deductivo - inductivo, analítico.</p> <p><b>Método específico:</b></p> <p>Enfoque: cualitativo - cuantitativo.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <p>Explicativo - Descriptivo.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>Experimental - Del tipo descriptivo - Experimental clásico.</p> <p><b>Técnicas de recolección:</b></p> <p>Base de datos SENAMHI y NASA.</p> <p>Tablas formuladas en Excel.</p>

Anexo 2. Tablas proporcionadas por SENAMHI.

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : LIMA			Provincia : YAUYOS			Distrito : HUANCAYA			Ir : 2019-06 ▾			
Latitud : 12° 6' 52.44"			Longitud : 75° 49' 34.21"			Altitud : 3832						
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Jun-2019	20.4	4	4	19.8	9.4	-6	11.6	4	0	0		
02-Jun-2019	20	4.2	4.8	19.2	9.2	-2	11.4	3.6	0	0		
03-Jun-2019	19.8	3.8	5.2	18.8	8.6	.4	11	3.2	0	0		
04-Jun-2019	20.6	4	5	19.6	9		12	3.6	0	0		
05-Jun-2019	20	3.4	5.4	20	9.4	.4	12.8	4	0	0		
06-Jun-2019	20.4	4	5	19.8	9.2		12.2	3.8	0	0		
07-Jun-2019	21	4.2	4.4	20.8	9.8	-2	12.6	4.2	0	0		
08-Jun-2019	20.8	4.8	5.6	20	8.8	1	12.2	3.4	0	0		
09-Jun-2019	21	3.2	4	21	8.6	-.4	13.2	3.6	0	0		
10-Jun-2019	21.8	2.2	2.8	21	9.6	-1.4	13.4	4.2	0	0		
11-Jun-2019	21.2	2	2	20.8	9.8	-2	13.2	4.4	0	0		
12-Jun-2019	19.6	1.4	1.4	18.8	8.2	-2.6	11.6	3	0	0		
13-Jun-2019	20.2	2	2.2	19.6	8.8	-1.8	12.2	3.6	0	0		
14-Jun-2019	21	1.8	2	20.4	9	-2	13	3.6	0	0		
15-Jun-2019	21	2.2	2.8	21	9.6	-1.4	13.4	4.2	0	0		
16-Jun-2019	20.8	3	3.2	19.8	8.6	-1	12.6	3.4	0	0		
17-Jun-2019	20	3	4	20	9	-.4	12.8	3.8	0	0		
18-Jun-2019	21	3.6	3.6	20.6	9.4	-.8	13.2	4.2	0	0		
19-Jun-2019	21.2	3.2	4	20.2	8.8	-.4	12.8	3.8	0	0		
20-Jun-2019	21	2.4	2.6	20	9.2	-1.6	12.6	4.2	0	0		
21-Jun-2019	21.8	2	2	21	9.6	-2.2	13.4	4.4	0	0		
22-Jun-2019	21	1	1.2	20.8	9	-2.8	13	3.8	0	0		
23-Jun-2019	21	1	1	20.4	8.8	-3	13	3.6	0	0		
24-Jun-2019	21.4	1.2	1.8	21	9.8	-2.2	13.6	4.2	0	0		
25-Jun-2019	21	2	2.6	20	8.6	-1.6	12.6	3.4	0	0		
26-Jun-2019	20.6	2.6	3.2	20	9.2	-1.2	12.4	3.8	0	0		
27-Jun-2019	21	2.4	3	20.8	8.8	-1.4	13.2	3.6	0	0		
28-Jun-2019	20.6	3.4	3.6	19.8	8	-.8	12.8	8	0	2.4		
29-Jun-2019	20	3.8	4.2	19	8	-2	12.2	7.8	0	2		
30-Jun-2019	20	4	4.4	20	8.6		12.6	3.4	0	0		

**Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica**

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2019-02 ▼

Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Feb-2019	18	5.4	5.8	17.8	7	4.2	12	5.2	0	.8		
02-Feb-2019	17.8	5.4	5.4	17.4	7	3.6	11.4	4.8	.2	0		
03-Feb-2019	18	5.6	6	18	7.8	4.4	12.6	6.8	1	2.1		
04-Feb-2019	18.4	6	6.4	18.4	8	4	11.6	5.6	0	0		
05-Feb-2019	18	6.2	6.2	18	7.6	3.4	12.4	6.6	0	2		
06-Feb-2019	18	5.8	5.8	17.6	7.2	5	13	6.8	1.6	2.2		
07-Feb-2019	18	6	6.4	18	8	5.8	12.8	7.2	.8	3		
08-Feb-2019	18.8	6.2	7	17.8	8.2	6	13.2	7.8	.4	1.8		
09-Feb-2019	19	5.8	6.2	18	7.8	5.4	12.6	7	.2	1.2		
10-Feb-2019	17	6.4	7.2	16.4	8.2	6.8	11.4	8.2	10.4	1.4		
11-Feb-2019	17.8	6	6.4	17	8	5.8	13.2	7.8	3	6.2		
12-Feb-2019	17.2	6.4	6.8	16.8	8.4	6.4	12.6	8.2	3.6	3.2		
13-Feb-2019	18	5.6	5.6	17.2	8	3.8	12	7.2	.2	1.2		
14-Feb-2019	17.8	5	5	17.6	7.8	2.6	12.4	7.8	0	2		
15-Feb-2019	17.8	5.4	5.4	17	8.2	3	11.8	8	1	1.6		
16-Feb-2019	18	5.2	6	17.4	8	3.6	13.6	7.8	0	2		
17-Feb-2019	18	5	5.8	18	8.6	3.2	13.4	8.6	0	1.8		
18-Feb-2019	18	6.6	7.8	17.8	7.6	7.6	13.6	7	2.2	1		
19-Feb-2019	19	6	6.6	18.2	8	4	14.4	8	0	4		
20-Feb-2019	18	5.4	6	18	7.4	5.6	14	7.2	2.4	2.6		
21-Feb-2019	18.4	6	6.2	18.4	8.2	6	14.6	8	3	3.2		
22-Feb-2019	18	6.2	7	17.8	8	6.6	13.2	7.6	2.2	1.2		
23-Feb-2019	18	5.6	6.8	18	7.6	5.8	11.8	5.6	.6	0		
24-Feb-2019	17.8	5.2	5.2	17.6	8	3	12	7	0	1.6		
25-Feb-2019	18	5	6.2	17.8	8	5.6	12.8	6.8	1.2	1		
26-Feb-2019	18	6.2	7	18	8.2	4	11	5.8	0	0		
27-Feb-2019	19	6	6.6	18	7.8	3.2	11.2	4.6	0	0		
28-Feb-2019	19	6.4	7	18.6	7.4	3.4	12	3.8	0	0		

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2018-09 ▼

Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Sep-2018	20	1	1.8	19.2	9	-2.2	11	3.6	0	0		
02-Sep-2018	19.8	2.8	3.2	19	8.6	-6	11.6	3.4	0	0		
03-Sep-2018	19.4	4.6	5.2	18	9	.8	10.6	4	0	0		
04-Sep-2018	20	4	4.6	19	9	.2	11.4	3.8	0	0		
05-Sep-2018	20.6	4	4	19.8	9.6		12.4	4.2	0	0		
06-Sep-2018	20.8	3.4	3.6	18.8	9	-8	11.2	4.4	0	0		
07-Sep-2018	20.2	2.8	2.8	19	9.4	-1.2	12	4.2	0	0		
08-Sep-2018	21	3	3	19.6	10	-6	13	5	0	0		
09-Sep-2018	20	2.4	2.4	18.8	9	-1.6	11.8	4	0	0		
10-Sep-2018	20.4	4	4.8	19	9.2	.6	12.2	4.6	0	0		
11-Sep-2018	20	4.8	6	20	8.8	1.6	12.6	3.8	0	0		
12-Sep-2018	20	3	3.8	18.6	8		11.4	3.2	0	0		
13-Sep-2018	21.2	2.8	2.8	19	9	-1.4	11.8	3.6	0	0		
14-Sep-2018	21			19.8	9	-3.6	12.2	4	0	0		
15-Sep-2018	21	3	3.2	19.4	8.4	-8	12.4	3.2	0	0		
16-Sep-2018	19	3	3	19	7.8	-6	12	3.4	0	0		
17-Sep-2018	20	4	4.2	20	8	.4	13.2	3	0	0		
18-Sep-2018	20.8	2	2.4	20	9.2	-1.6	12.8	4.2	0	0		
19-Sep-2018	21	1.6	1.6	19.2	9.4	-2.2	12	4	0	0		
20-Sep-2018	21.2	3	3.2	19.8	9.6	-6	12.6	4.4	0	0		
21-Sep-2018	21.4	3.4	3.4	20	9	-8	13	4.2	0	0		
22-Sep-2018	19.8	2.2	2.2	19	7.6	-1.6	12.8	5.2	0	0		
23-Sep-2018	20.4	3.4	4	19.6	9.2		12	4	0	0		
24-Sep-2018	20	4.4	5.2	18.8	8.4	1.2	11.8	3.4	0	0		
25-Sep-2018	19.4	3.2	4	18	8.8	.2	11.4	4	0	0		
26-Sep-2018	20	4.2	5	18.6	8	.8	11.6	3	0	0		
27-Sep-2018	19	2.8	2.8	17.6	7	-1	12.6	6.4	0	2.2		
28-Sep-2018	19.8	3	4	18	8		11.2	3	0	0		
29-Sep-2018	20.6	3.2	4.4	19.2	8.6	.2	12.2	3.6	0	0		
30-Sep-2018	19.6	4	5	19	8.2	1	12	3.4	0	0		

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2018-03 ▼

Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Mar-2018	18	5.2	6.4	17.8	7.2	5.6	11.2	7.2	4.2	3.2		
02-Mar-2018	18	5.4	7	17.4	6.4	6.4	12	6.4	5.8	5.2		
03-Mar-2018	17.8	5	7.2	17	6.2	7.2	11.8	6.2	6.6	4.2		
04-Mar-2018	18	5.2	6.6	18	7	6.4	11	5.6	2.2	0		
05-Mar-2018	18	5	6	18	7.4	5.6	10.8	6	4.2	0		
06-Mar-2018	18	5.8	5.8	17	6.8	5.4	12.2	6.8	3.8	5.2		
07-Mar-2018	18	5.2	6	17.6	7	5.6	12.4	7	2.2	6.2		
08-Mar-2018	18	5.4	5.4	18	7.6	5.2	11.4	7.4	4.4	1.6		
09-Mar-2018	18.4	5	5.6	17.8	8	5.4	11.6	7.6	5.2	1.2		
10-Mar-2018	18	5.6	6.8	18	7.8	6.4	11.2	7.2	2.6	.2		
11-Mar-2018	18.8	6	7	18.2	8	6.6	11	7.8	6.6	.6		
12-Mar-2018	18	5.2	6.8	17.6	7	6.8	12	6.8	9.2	2		
13-Mar-2018	18	6	7	17.8	7	6.6	12.2	7	2.6	2.9		
14-Mar-2018	19	6.6	7.8	18.6	7	6.2	12	7	0	4.4		
15-Mar-2018	18	5.2	6	17.2	7.4	5.8	12.4	7.4	6.8	10.6		
16-Mar-2018	18.4	6	7	18	6.8	6.8	13	6.4	2.2	1.4		
17-Mar-2018	18	5.4	6.6	17.6	7.2	6.2	13.6	7.2	4.4	4		
18-Mar-2018	19	6	7	18	7	6.4	12.8	6.8	3.2	2		
19-Mar-2018	19	6.4	7.4	18	7.4	5.6	12.6	7	0	1.4		
20-Mar-2018	18	6.2	8	17.4	6.8	6	13.2	6.8	0	3.2		
21-Mar-2018	18	6.6	7.6	17.8	8	7.2	11.8	7.6	1.8	1.2		
22-Mar-2018	18	6.4	8	18	8	7	12	7.4	.4	.5		
23-Mar-2018	18.4	5	6.2	18	7.8	5.8	12.4	7.2	1.2	2.8		
24-Mar-2018	18	5.2	6.4	17.6	7	5.4	13	7	0	2.4		
25-Mar-2018	17.8	5.4	5.4	17.8	8.2	4	11.6	7.4	0	1.6		
26-Mar-2018	18	6	8	18	7.2	6.6	13.2	7.2	0	3.8		
27-Mar-2018	19	6	8.2	18.4	7	6.2	11.8	6.4	0	1.2		
28-Mar-2018	19	6.6	8	18.2	7.8	7.2	12.6	7.8	.5	1.8		
29-Mar-2018	19.4	7	8.4	18.6	8	8.4	13	7.6	7.4	1.6		
30-Mar-2018	18	5.6	5.6	18	7	3.8	11	4.8	0	0		
31-Mar-2018	19.8	5.2	5.2	18.8	8.2	3.2	11.4	5.8	0	0		



Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2017-10 ▼

Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Oct-2017	20.8	1	1.4	19.4	9.2	-1.6	10.6	4.6	0	0		
02-Oct-2017	21	2.6	2.6	19.6	9.6	-1	11	4	0	0		
03-Oct-2017	20	2.2	3	19	10	-8	11.2	4.2	0	0		
04-Oct-2017	19	5	5.4	18.2	9.8	1.4	10.8	3.8	0	0		
05-Oct-2017	20	2	2.6	19	10.6	-6	11.6	4.4	0	0		
06-Oct-2017	20	3	3.8	18.8	9.4	-4	10.4	3.6	0	0		
07-Oct-2017	20	2	2	19	9	-1.8	11.4	3.4	0	0		
08-Oct-2017	19.8	2.6	2.6	18.4	8.8	-2	12.8	8.6	0	3		
09-Oct-2017	18.6	2	2	17.8	9	1	12	8.2	1.4	.5		
10-Oct-2017	20	5	6.2	18.6	8.6	2.4	11.8	4.2	0	0		
11-Oct-2017	18	4	4.8	17	8.2	4.8	12.2	5.4	3.2	0		
12-Oct-2017	18.8	4.2	5.4	17.6	7.8	5.2	10.6	2.8	.3	0		
13-Oct-2017	19	5	6.4	18	7.6	2.2	11	3	0	0		
14-Oct-2017	20	5	5.4	19	8.4	1.8	13.6	8.4	0	2.6		
15-Oct-2017	18	5	5.6	16.8	8	5.4	12.4	8	3.2	4.4		
16-Oct-2017	17.8	6	7.2	16	6.6	7.2	12.6	6.6	3.8	3		
17-Oct-2017	18	5.2	6.6	17	8.2	2.8	10.2	2.8	0	0		
18-Oct-2017	19.8	2.4	2.4	18.2	9	-1.2	11	3.6	0	0		
19-Oct-2017	20	5.4	6.4	19	8.6	1.8	11.8	3.4	0	0		
20-Oct-2017	20	6	6	18.6	9	1.4	11.4	4.2	0	0		
21-Oct-2017	20.4	2.6	3.8	19.2	9.8	.2	11.6	4.2	0	0		
22-Oct-2017	18	6.2	7.4	17.2	7	3.2	10.4	2.6	0	0		
23-Oct-2017	18.8	5	6.2	17.8	9	6.2	12	4	4.8	0		
24-Oct-2017	19	7	8	18	8.4	4	11.2	4.4	0	0		
25-Oct-2017	18.4	6	6.4	17	6.4	6.4	11.8	3.4	16.6	0		
26-Oct-2017	20	5.2	6	19	5.8	2.6	12.2	1.6	0	0		
27-Oct-2017	20	5.2	5.8	18.8	8	2.8	14	8	0	9		
28-Oct-2017	20	6	6	19.4	6.8	5.6	14.6	6.8	5	10		
29-Oct-2017	20	5	5.6	18.6	7	4.4	12.8	3	2	0		
30-Oct-2017	20	6	7	18.8	6.8	3.2	13.2	3.6	0	0		
31-Oct-2017	20	6	6.6	19	7.8	3.6	12.4	4	0	0		

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2017-04 ▼

Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Abr-2017	16.6	6.4	7	15.8	7.8	6.8	10.8	7.8	0	4.4		
02-Abr-2017	17	6.2	7.6	16.6	6.8	7.2	11	6.6	2	4		
03-Abr-2017	16	5	5	15	7	5	10.4	6.4	7.6	0		
04-Abr-2017	17	6.2	7	17	7	6.8	11.6	6.2	3.6	0		
05-Abr-2017	18	7	7.2	17.6	8	7	12	8	.8	3.4		
06-Abr-2017	18	6	6.6	17.2	7.4	6.4	11.8	6.8	.5	0		
07-Abr-2017	18	3.8	3.8	17.4	8	2.6	11.4	7	0	0		
08-Abr-2017	18	3	3	18	8	1.8	12.2	6	0	0		
09-Abr-2017	18.8	5	5	17.8	7	3.8	12	5.4	0	0		
10-Abr-2017	19	5.2	5.2	18.2	7	4	11.2	5	0	3.6		
11-Abr-2017	18	4.6	4.6	17.2	8.6	4.2	11	7.2	.6	0		
12-Abr-2017	18	7.4	8	16.8	8	7	10.8	7.8	0	1		
13-Abr-2017	17	6.6	7.2	17	8	6	10.2	6.8	0	0		
14-Abr-2017	18	5	5.8	17.6	7.8	4.6	11.4	6	0	0		
15-Abr-2017	18	5.4	6.2	18	7	4.8	11.2	5.6	0	0		
16-Abr-2017	18.8	6	6	17.8	6.8	6	12.6	6.2	4	1		
17-Abr-2017	17	5.2	5.2	15.8	6.6	4.8	10.6	6.4	0	3.6		
18-Abr-2017	18	6	6.6	16.6	8	6.6	12.2	8	4.8	6.2		
19-Abr-2017	18	6	6	17	8.4	5.8	11	7	3	8		
20-Abr-2017	19	4.8	4.8	18.2	8	3.6	10.4	5.8	0	0		
21-Abr-2017	18	3.6	3.6	17	7.4	2.4	11.6	7.2	0	.5		
22-Abr-2017	18.4	5	5	17.6	8	4	10.2	7.4	0	0		
23-Abr-2017	19	5.6	5.6	18.6	7.8	5.4	12.2	6.4	3.4	0		
24-Abr-2017	19	2.6	2.6	19	8.8	1.8	12	7	0	0		
25-Abr-2017	18	2	2	17.2	8	1	9.8	6.8	0	0		
26-Abr-2017	18	6	6.4	18	8.6	5	12.4	8.4	0	3		
27-Abr-2017	18.2	6.6	7.2	17.8	7	7	11.8	5.8	3.2	1		
28-Abr-2017	18	4.8	4.8	17	7.4	4.6	12	7.4	2.2	4.2		
29-Abr-2017	18	5.2	6	18	6.6	5.8	12.6	6.6	1	5		
30-Abr-2017	18	5	5.4	17.6	7	5.2	12.2	6.8	2	2.2		

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2016-08 ▾

Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Ago-2016	19	2	2	18.8	7.2		12.2	3.6	0	0		
02-Ago-2016	20	3	3.8	19.4	8	1.2	14.4	4.4	0	0		
03-Ago-2016	19		.4	19	6	-2	12.8	2.6	0	0		
04-Ago-2016	19	3	3	18.8	6.8	.2	12	3.8	0	0		
05-Ago-2016	20	1.2	1.2	19.4	8	-1.6	13	4	0	0		
06-Ago-2016	20	2	2.6	20	7		14	2.4	0	0		
07-Ago-2016	20	3	3.6	19.8	7.4	.4	12.8	2.6	0	0		
08-Ago-2016	21		.8	20.2	8.8	-2.2	13.2	4.2	0	0		
09-Ago-2016	19	1	1.4	18.8	6.8	-1.2	11.8	3.8	0	0		
10-Ago-2016	18	1.2	1.2	17	8.4	-1	12.2	5.6	0	0		
11-Ago-2016	18.4	5	6.2	17.8	8.8	2.6	11	5.2	0	0		
12-Ago-2016	19			18	9	-2.2	12	5.6	0	0		
13-Ago-2016	19			18.8	7.8	-2.8	13.4	4.2	0	0		
14-Ago-2016	19.8	2	2.2	19	8		12.6	5	0	0		
15-Ago-2016	19	2	2.8	18.4	7	.2	11.6	3.8	0	0		
16-Ago-2016	20	4	4	19.6	8.6	1.6	13	4.6	0	0		
17-Ago-2016	19	5	5.4	18.6	8.4	3	11.8	4.4	0	0		
18-Ago-2016	20	3	3	19.2	8	.8	11.4	3.2	0	0		
19-Ago-2016	20	1	1.8	19.8	9	-1.4	12.2	4	0	0		
20-Ago-2016	20	4	4.2	18.2	7.6	1.2	10.8	3	0	0		
21-Ago-2016	18	4	4.6	17.8	7.4	1	12	3.8	0	0		
22-Ago-2016	19	5	5	18.8	8.2	1.6	11.6	2.8	0	0		
23-Ago-2016	20	4	4	19.6	8.8	1.2	11.8	3.2	0	0		
24-Ago-2016	19	5	5.2	19	7.2	2.2	12.8	3.4	0	0		
25-Ago-2016	20	2	2	19.2	7.8	-.4	13	2.6	0	0		
26-Ago-2016	19.8	4	4.4	18.8	7	1.4	12.4	4	0	0		
27-Ago-2016	20	3	3	19.2	8	.4	12	3.6	0	0		
28-Ago-2016	18	2	2.8	18	5.8		10.6	2.4	0	0		
29-Ago-2016	20	3	3.2	20	6.2	.8	12.2	2.6	0	0		
30-Ago-2016	19	3	3.6	19	6.4	1	11.4	3	0	0		
31-Ago-2016	20	2	2.2	19.8	8	-1.4	12.6	4.2	0	0		

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2016-02 ▼

Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Feb-2016	16.2	5	7.2	15.8	6.4	6	11.2	5.8	0	1.5		
02-Feb-2016	18	7	8	17.4	7.6	7.2	13.2	7	.7	10.2		
03-Feb-2016	16.6	6	7.6	15.4	6.6	6.8	10.8	6.2	4	12.4		
04-Feb-2016	17.4	7.2	8.2	16.8	7.8	5.4	11	7.2	0	5.6		
05-Feb-2016	18	3.8	3.8	17	7.4	2.2	12.8	5.4	0	0		
06-Feb-2016	18	6.2	6.8	17.8	8	5	10.4	4.8	0	0		
07-Feb-2016	18	6	7.4	18	6.8	4.8	12.6	6	0	3.2		
08-Feb-2016	19	7	7	18.2	8	5.2	12.2	5.8	.3	0		
09-Feb-2016	19	5.6	6.2	18	7	5	13.4	6.6	1.8	4.2		
10-Feb-2016	19	6	6.4	18.6	7.2	5.8	12.8	6.4	7	2.4		
11-Feb-2016	19	6.4	7.2	19	8.2	6.8	13	7.6	5.2	6.4		
12-Feb-2016	18.8	7	8	17.8	7.6	6.6	12.4	6.8	0	1.2		
13-Feb-2016	19	8	8.2	18.8	8	5.6	12	6.2	0	0		
14-Feb-2016	19	6	6.8	18.2	7	5	11.8	5	0	0		
15-Feb-2016	19	6	8.4	19	6.8	6.8	12.6	6	0	2		
16-Feb-2016	19	6	6.6	18	7	5	12.2	6.2	0	1.8		
17-Feb-2016	20	5.4	8.8	18.8	6.2	6.6	13.4	5.8	0	7.4		
18-Feb-2016	20	6.4	8	19.2	7.2	6.2	13.8	6.8	0	10.4		
19-Feb-2016	19	7	7.6	18.4	8	6.8	12.8	7.2	8.2	2		
20-Feb-2016	20	7.2	8.4	19.6	8	7.2	13.6	7.4	.4	2.2		
21-Feb-2016	18.2	6.4	7.2	17.6	7.8	5.2	12.2	7	0	3		
22-Feb-2016	18.8	6	6.4	17.8	7.6	5.4	11.2	5.8	1.8	0		
23-Feb-2016	19	6	6.6	18.2	7.2	6	13.4	6.8	5.6	13.2		
24-Feb-2016	20	7	7.8	18.8	7	7	12.2	6.2	2.8	3.6		
25-Feb-2016	19	5.8	6.4	17.8	8	6	12.4	7.6	12.4	12.2		
26-Feb-2016	19	5	5	18	7	4.4	12	6.2	4	1.6		
27-Feb-2016	19	5.2	6.2	18.4	6.8	5	11.8	5.4	0	0		
28-Feb-2016	18	6.4	6.8	18	6.4	5.2	11.4	4.6	0	0		
29-Feb-2016	18	6	7	17.6	6	5.4	11	5	0	.8		

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2015-09 ▼

Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Sep-2015	19	8	8.6	19	8.4	7.2	13.2	5.4	0	0		
02-Sep-2015	18	3.8	3.8	17.6	8.6	2.4	12.4	6.2	0	0		
03-Sep-2015	19	6.4	7.2	18.8	7	5	14.6	4.2	0	0		
04-Sep-2015	19	7	7.4	18.6	7.6	5.4	13.6	4	0	0		
05-Sep-2015	18.8	7.4	8.4	18.2	7.8	5.6	13.8	3.2	0	0		
06-Sep-2015	20	4	4	19.8	6.8	2.2	12	3	0	0		
07-Sep-2015	21	4	4.2	21	8.4	2.6	13.4	3.8	0	0		
08-Sep-2015	20	5	5.6	19.4	7	3.4	11.4	4.6	0	0		
09-Sep-2015	19	5.2	5.8	19	6.6	3.8	13	2.8	0	0		
10-Sep-2015	20	5	5.6	20	6	2.8	12.8	3.4	0	0		
11-Sep-2015	19	5.4	5.8	18.8	5.6	2.6	11.8	3.8	0	0		
12-Sep-2015	21	6	6.2	21	6.4	3.6	14.8	4.8	0	0		
13-Sep-2015	20	6	6	19.8	6.6	4	13.2	3.2	0	0		
14-Sep-2015	21	6	6.6	20.2	7.2	3.8	14.4	5.4	13.4	7.6		
15-Sep-2015	20	5	5.6	19.8	8	3	12.8	4.6	0	0		
16-Sep-2015	19	2.8	2.8	19	5.8	1	13.4	2.8	0	0		
17-Sep-2015	20	2	2	20	5.4	.8	14.6	3	0	0		
18-Sep-2015	19	5	5.2	18.6	5	3.4	12.8	2.6	0	0		
19-Sep-2015	21	4	4.6	20.4	6.2	2.2	13.8	3.6	0	0		
20-Sep-2015	20	5	5	19.4	7	3.2	12.4	5	0	0		
21-Sep-2015	20	4	4	19.4	5	1.4	13.4	2.6	0	0		
22-Sep-2015	20	3.2	3.8	20	5.8	2.2	14	4.2	0	1.4		
23-Sep-2015	20	3	3	19.2	6.2	1.8	13	5	0	0		
24-Sep-2015	19	4.2	4.6	18.8	6	2.8	14.6	4.2	0	0		
25-Sep-2015	22	5	5.2	21.2	6.6	3.4	13.8	3.8	0	0		
26-Sep-2015	20	5.4	5.8	19.8	7.6	2.6	15.8	5.2	0	0		
27-Sep-2015	21	4.2	4.8	20.6	7.4	3	14.8	4.8	0	0		
28-Sep-2015	20	6	6.4	20	6.8	2.6	14	4	0	0		
29-Sep-2015	20	5	5	19.6	5.6	3.6	13.6	3	0	0		
30-Sep-2015	19	6.2	6.6	19	6.6	4.4	13.2	3.6	0	0		

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : LIMA

Provincia : YAUYOS

Distrito : HUANCAYA

Ir : 2015-03 ▼

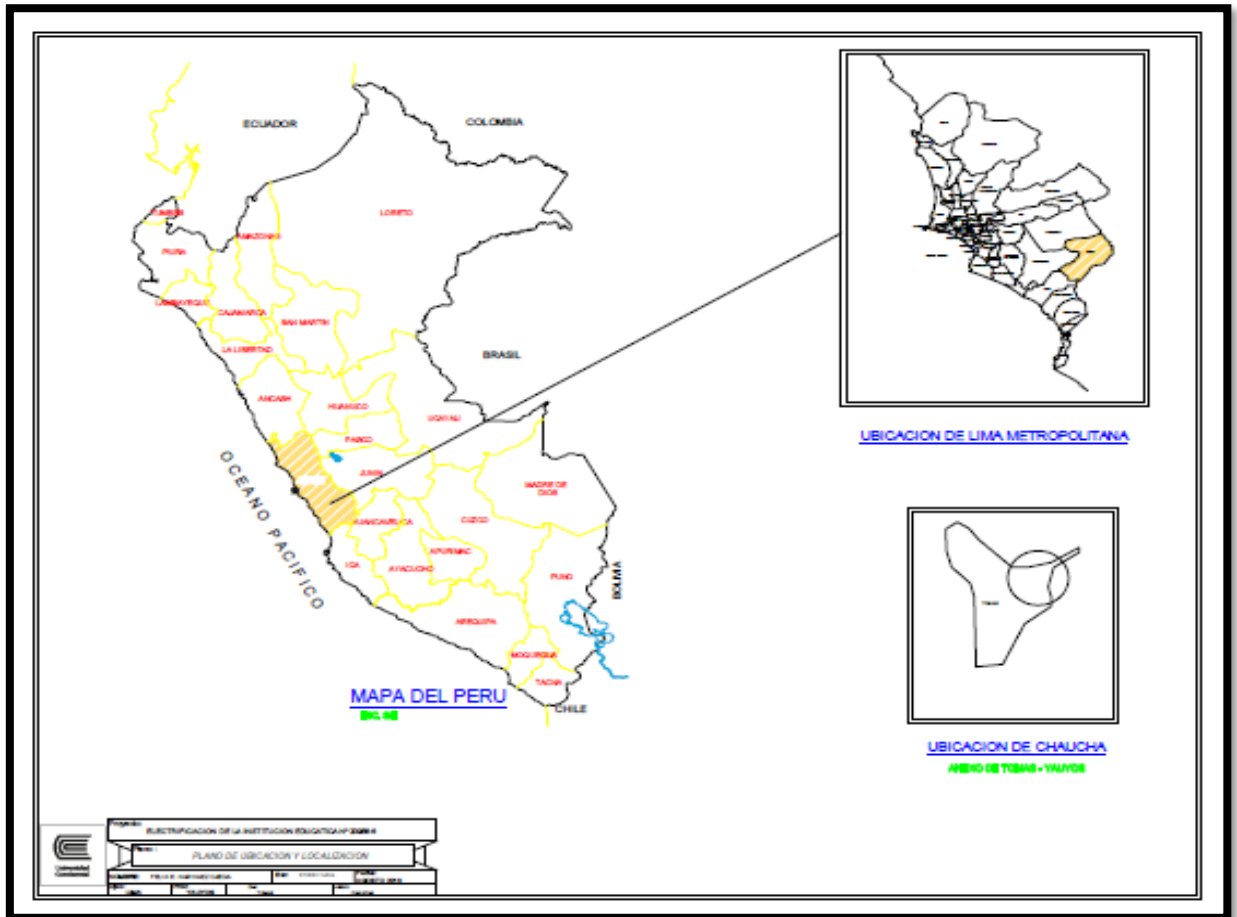
Latitud : 12° 6' 52.44"

Longitud : 75° 49' 34.21"

Altitud : 3832

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Mar-2015	17.4	5	5.8	16.8	6.8	5	12.8	5.6	0	3.6		
02-Mar-2015	18.2	5.4	5.4	17.6	7.4	4.2	13.2	6.8	2.2	7.6		
03-Mar-2015	19	6	6.2	18.8	7	4	11.6	6.2	.2	4.2		
04-Mar-2015	17.6	6.4	6.8	17	6.4	4.8	13	5.8	.2	5.6		
05-Mar-2015	16.8	5.2	5.6	15.8	7.2	5.2	12.4	5.4	13.2	1		
06-Mar-2015	18.4	6	6.4	17.8	6.6	5.4	13.4	5.2	3.4	1.8		
07-Mar-2015	19	6	6	18.2	6.2	4.6	11.4	5	.4	1		
08-Mar-2015	18	6.2	7	17.4	7	6	11	4.8	2.2	1		
09-Mar-2015	19	5.6	7.2	19	6.8	5.8	12.4	4.6	1.4	0		
10-Mar-2015	19	6.8	7	18.6	7.4	5.6	13.4	5	1.5	0		
11-Mar-2015	20	7.6	8	19.4	8.2	5	12.4	5.2	0	0		
12-Mar-2015	18	6.4	6.8	18	7	6.2	12	5.4	2.6	0		
13-Mar-2015	18.2	6.2	7	17.8	6.4	5.2	11.8	4.8	0	.5		
14-Mar-2015	19.4	5.8	6.6	18.8	6.8	5.4	13	6	1	1.5		
15-Mar-2015	18	5.4	6.2	18	6	4.6	12.8	5	0	.5		
16-Mar-2015	18	6	6.4	17	6.2	5.6	13.2	5.8	.6	10.2		
17-Mar-2015	19	5.2	5.8	18.2	6	4.8	12.2	5.2	1.4	.4		
18-Mar-2015	18	6.4	6.6	17	7.2	5.8	12.6	6.4	.2	4.4		
19-Mar-2015	17.4	5.6	7.6	16.8	6	6.8	12	5	2.2	.2		
20-Mar-2015	18.6	6	6.4	18	6.2	5.2	13.8	5.8	0	6.2		
21-Mar-2015	18.2	6	6.8	17.8	6.2	6	12.8	5.4	10	4		
22-Mar-2015	19	6.8	7	18.4	7.2	6.2	13.2	6	1.2	.4		
23-Mar-2015	18	6.4	7.6	18	7	5.8	13.8	6.6	0	18.8		
24-Mar-2015	18.8	4	4.4	18.2	6.8	3.8	13.4	6.2	10.6	3.8		
25-Mar-2015	18	5.2	5.8	17	7.4	5	12.6	6.4	3	1.2		
26-Mar-2015	19.4	6	6.8	18.8	7.8	6	13.6	6	1	1.4		
27-Mar-2015	18	5.2	5.6	18	7.6	4.4	12	5.8	0	0		
28-Mar-2015	18	4	4.8	17.6	8	3.2	12.2	6.8	0	0		
29-Mar-2015	18.8	6	6.6	17.8	7.2	5.4	12.8	5.2	0	0		
30-Mar-2015	18	6.4	7	18	7	5.2	12.4	5.6	0	.2		
31-Mar-2015	19	5	5.8	18.4	6.8	4.6	13	5	0	0		

Anexo 3. Plano de ubicación de Chaucha.

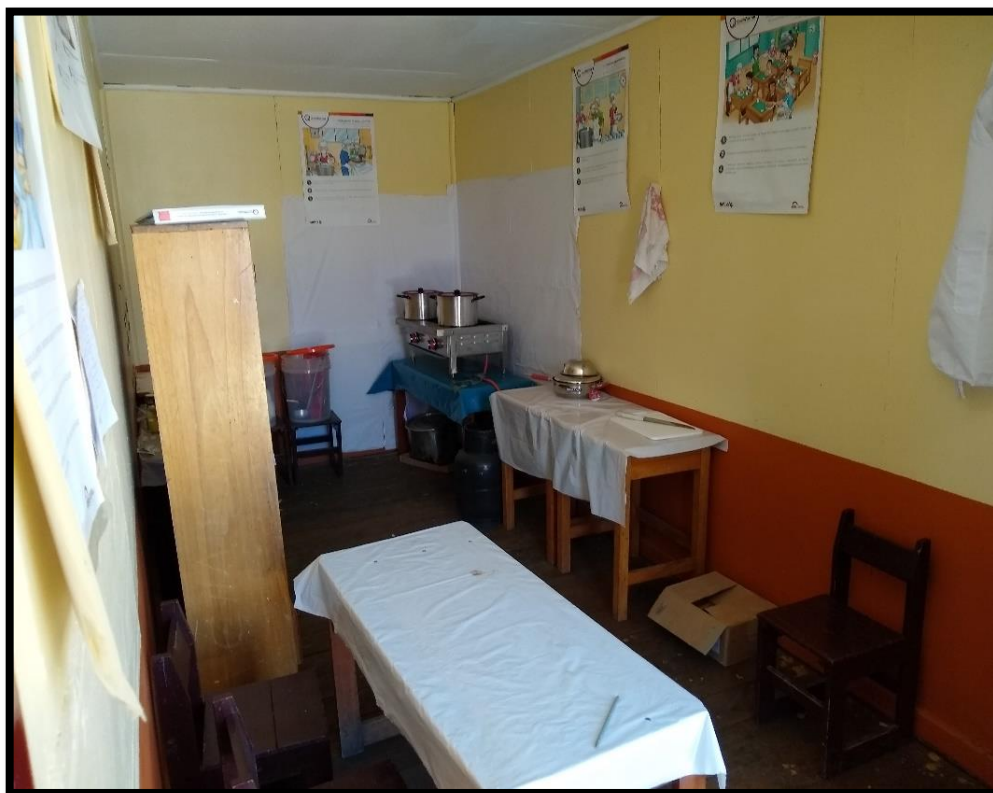


Anexo 4. Fotos de la ubicación del colegio.

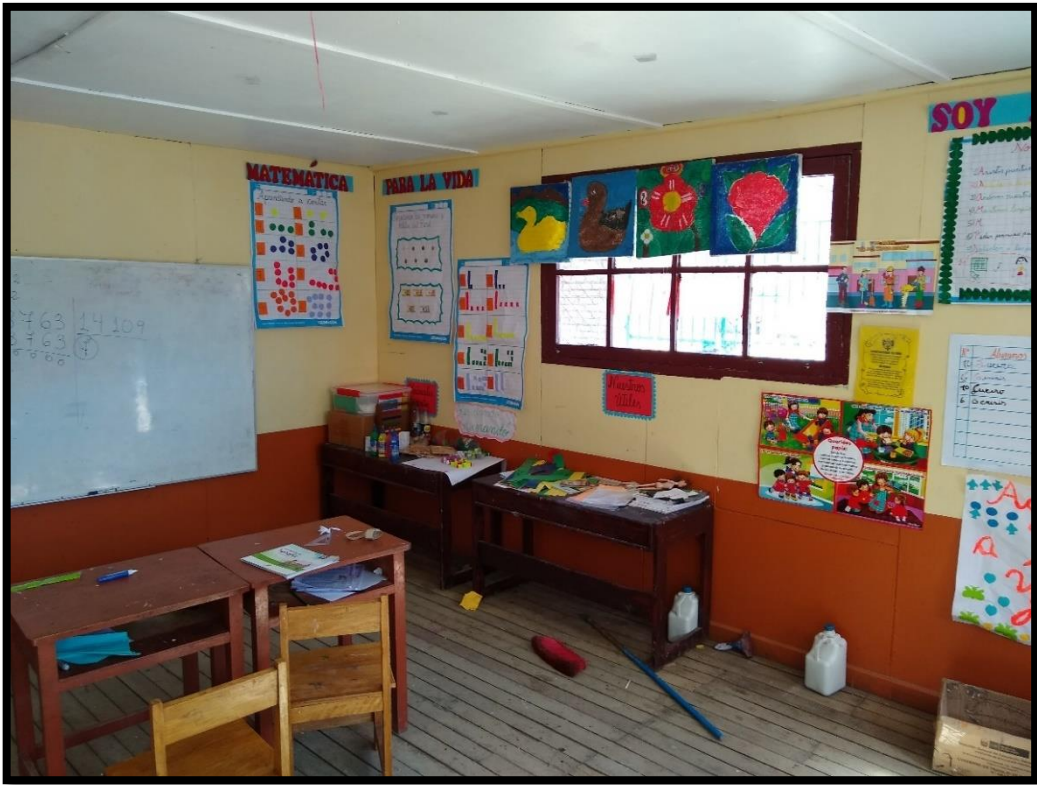




Anexo 5. Fotos de los ambientes de la institución.









Anexo 6. Ficha de toma de datos.



FICHA DE TOMAS DE DATOS – INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 20956 – 6

A continuación, se tomará nota de los componentes del circuito de alumbrado y del circuito de fuerza existentes en la institución Educativa.

CIRCUITO DE ALUMBRADO				
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	POTENCIA	HORAS DE FUNC
1	01	Foco Espiral Luz Blanca	20w	3
2	05	Foco Philips Luz Blanca	9,5w	3
3				
4				

CIRCUITO DE FUERZA				
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	POTENCIA	HORAS DE FUNC
1	08	Computadoras "XO"	17 w	4
2	01	Laptop HP 430	75 w	4
3	01	Impresora Epson L396	15 w	1
4	01	Radio AM-FM	50 w	2
5	02	Cargador de celular	15 w	2
6	01	TV a color antigua	150 w	2
7				
8				
9				

Responsable: Félix Ernesto Narváez Ojeda

Encargada: Lic. Ana Rosa Pilar Portas Sullca

Anexo 7. Simulación de la energía consumida.

Periodo	Rad. NASA	Rad. SENAMHI	Rad. promedio (kWh/m <sup>2</sup> )	Energía generada (kWh)
Ene-15	7.04	5.02	6.03	209.51
Feb-15	7.22	5.47	6.35	214.87
Mar-15	7.21	5.90	6.55	214.57
Abr-15	7.05	6.07	6.56	209.81
May-15	6.71	6.37	6.54	199.69
Jun-15	6.08	6.55	6.32	180.94
Jul-15	5.79	6.56	6.17	172.31
Ago-15	6.10	6.51	6.30	181.54
Set-15	6.72	6.04	6.38	199.99
Oct-15	6.93	5.78	6.35	206.24
Nov-15	6.90	5.38	6.14	205.34
Dic-15	7.06	5.01	6.03	210.11
Ene-16	6.97	5.33	6.15	207.43
Feb-16	7.35	5.44	6.40	218.74
Mar-16	7.17	6.04	6.60	213.38
Abr-16	6.92	6.29	6.61	205.94
May-16	6.39	6.51	6.45	190.17
Jun-16	6.02	6.69	6.35	179.16
Jul-16	5.72	6.77	6.25	170.23
Ago-16	6.29	6.48	6.38	187.19
Set-16	6.52	6.30	6.41	194.04
Oct-16	6.73	5.74	6.24	200.28
Nov-16	6.42	5.58	6.00	191.06
Dic-16	7.07	5.06	6.07	210.40
Ene-17	7.38	4.83	6.11	219.63
Feb-17	7.32	5.32	6.32	217.84
Mar-17	7.35	5.57	6.46	218.74
Abr-17	6.90	6.10	6.50	205.34
May-17	6.86	6.34	6.60	204.15
Jun-17	6.27	6.60	6.44	186.60
Jul-17	5.95	6.95	6.45	177.07
Ago-17	6.10	6.87	6.48	181.54
Set-17	6.80	6.13	6.46	202.37
Oct-17	6.87	5.71	6.29	204.45
Nov-17	6.88	5.61	6.24	204.75
Dic-17	6.89	5.10	5.99	205.05
Ene-18	7.21	5.09	6.15	214.57
Feb-18	7.22	5.60	6.41	214.87
Mar-18	7.31	5.91	6.61	217.55
Abr-18	6.91	6.37	6.64	205.64
May-18	6.37	6.69	6.53	189.57
Jun-18	6.28	6.86	6.57	186.89
Jul-18	6.23	6.78	6.51	185.40
Ago-18	6.49	6.70	6.59	193.14
Set-18	6.45	6.39	6.42	191.95
Oct-18	7.05	5.52	6.28	209.81
Nov-18	6.85	5.37	6.11	203.86
Dic-18	6.82	5.23	6.02	202.96

Anexo 8. Cotización Empresa Auto Solar Perú (2019).

**AutoSolar**  
Energía del Perú

01 715 1357 Horario Mi Cuenta  
0 S/. 0,00

ENERGÍA SOLAR BOMBAS DE AGUA


Blog Contacto Buscar en AutoSolar...


Kits Solares Fotovoltaicos **Paneles Solares** Baterías Solares Inversores Solares Controladores de Carga Iluminación

SECCIÓN ENERGÍA SOLAR

- Kits Solares Fotovoltaicos
- Kits Bombeo Agua Solar
- Paneles Solares
  - Paneles Solares 12V
  - Paneles Solares 24V
  - Paneles Solares de Red
  - Paneles Solares Flexibles
- Accesorios de Paneles Solares
- Soportes Paneles Solares
- Baterías Solares
- Inversores Solares
- Controladores de Carga
- Cargador de Baterías
- Iluminación
- Generadores
- Accesorios

**Panel Solar 165W 12V Monocrystalino Red Solar**





**S/.859,71** SIN IGV  
S/. 728,57

Envío: Envío gratuito a provincias!

Entrega: Recójalo el lunes 2 de septiembre en agencia Marvisur de provincias

Dejar un mensaje

**ENTREGAMOS GRATIS A PROVINCIAS DEL PERÚ**  
ENVÍO GRATUITO A DELEGACIÓN TRANSPORTE EN PROVINCIAS A PARTIR DE S/. 500

**IGV INCLUIDO**  
PRECIOS FINALES SIN SORPRESAS

01 715 1357  
993 943 927  
963 812 578  
945 457 588  
945 457 589

autosolar@autosolar.pe  
Quedamos a su disposición

autosolar.pe: (28 Opiniones)

Fabricante: Red Solar | Cod. Artículo: 1002032

Cantidad:

AÑADIR AL CARRITO COMPRAR

25 años de garantía 14 días de devolución 100% pago seguro

Secured by GeoTrust

En AutoSolar Energía del Perú puede adquirir el panel solar de 12V 165W Monocrystalino, uno de los paneles más potentes de la gama de 12V muy utilizado en instalaciones en casetas de campo, chalets y viviendas de uso habitual incorporando con él, baterías y reguladores de carga. El panel solar de 12V 165W Monocrystalino ofrece unas garantías de rendimiento óptimas. El panel solar de 165W 12V Red Solar ofrece el mejor rendimiento de la gama de los paneles solares de 12V de tamaño compacto, llegando a producir una corriente máxima de 8.7A y manteniendo las mismas medidas que los paneles de menor potencia como el de 140W.

Descripción	Ficha Técnica	Opiniones (0)	Preguntas (0)
<p>Potencia del Panel Solar: 165W</p> <p>Tipo de Célula del Panel Solar: Monocrystalino</p> <p>Rigidez del Panel Solar: Rígido</p> <p>Dimensiones del Panel Solar: Largo x Ancho x Grueso (mm) 1482 x 680 x 35 mm</p> <p>Tensión Máxima Potencia: 18.92V</p> <p>Corriente en Cortocircuito ISC: 9.85A</p> <p>Eficiencia del Módulo: 19.75%</p> <p>Amperios Máximos de Salida IMP: 8.72A</p> <p>Tensión en Circuito Abierto: 22.71V</p> <p>Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 12V</p> <p>Peso del Panel Solar: 12 Kg</p> <p>Marco del Panel Solar: Blanco y Gris</p> <p>Garantía del Panel Solar: 25 años</p>			

## Anexo 9. Cotización Empresa Panel Solar Perú (2019).



» > Paneles Solares > Policristalino > Panel Solar Yi Solar 150W Policristalino



### Panel Solar Yi Solar 150W Policristalino

Placa fotovoltaica de 150W (vatios) de potencia el cual genera energía eléctrica mediante la radiación del sol. Este panel está preparado para funcionar en instalaciones solares de 12V (voltios) con un regulador, un Inversor de corriente de 12V y una o varias baterías de 12V. Este panel está formado mediante células de silicio policristalino de alta eficiencia y rendimiento.

Model: YISOLAR150W | Condition: Nuevo

 Pídelo antes de **18:00 de hoy** y recíbelo entre mañana y mar 3 septiembre con Envío con la agencia de Transporte (Pago en destino)

**S/. 320.00Incl.IGV**  
~~S/. 477.70~~ -33.0176%

1

#### Nuestras ventajas

-  **ENVÍO EXPRESS**  
Realizamos envíos a todo el Perú.
-  **FORMAS DE PAGO**  
Pago Link VISA, transferencia bancaria, depósito, cheque.
-  **GARANTÍA DE DEVOLUCIÓN**  
Si tu pedido llega defectuoso o no es como esperabas te devolvemos el dinero.
-  **ASESORIA PERSONALIZADA**  
Nuestro equipo estará atento a preguntas. Consultanos a través de nuestro chat o whatsapp 941142950.

### Características del producto

Para instalaciones de uso esporádico o para caravanas y embarcaciones.

Código del producto: YISOLAR150W

#### Características:

Potencia (en Watts): 150W

Voltaje en circuito abierto (Voc): 22,68V

Voltaje en el punto de máxima potencia (Vmp): 19V

Corriente de cortocircuito (Isc): 8,52A

Corriente nominal (Imp): 7,90A

Sistema de voltaje máximo: 1000VDC

Tolerancia: +/-3%

Tecnología: Policristalino

Peso regular: 11,5 kg.

Dimensiones: Altura: 148.2 cm/ Largo: 67.3 cm/ Ancho: 3.5 cm

Garantía contra defectos de fabricación: 10 años



# Sunmodule

## SW 150 poly R6A



Data sheet



Produced in Germany,  
the center for solar technology



TUV Power controlled.  
Lowest measuring tolerance in industry



25 year performance warranty and  
5 year product warranty



SolarWorld AG relies on Germany as its technology location, thereby ensuring sustainable product quality.

The TUV Rheinland Power controlled inspection mark guarantees that the nominal power indicated for solar modules is inspected at regular intervals and thus ensured. The deviation to TUV is maximum 2 percent.

Resistant to extreme weather conditions: SolarWorld modules, tested and certified, are resistant against sandstorms, high winds or saline environments.

[www.solarworld.com](http://www.solarworld.com)

# Sunmodule<sup>®</sup> SW 150 poly R6A



## PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)\*

		SW 150
Maximum power	$P_{max}$	150 Wp
Open circuit voltage	$U_{oc}$	22.5 V
Maximum power point voltage	$U_{mp}$	16.3 V
Short circuit current	$I_{sc}$	8.97 A
Maximum power point current	$I_{mp}$	8.27 A

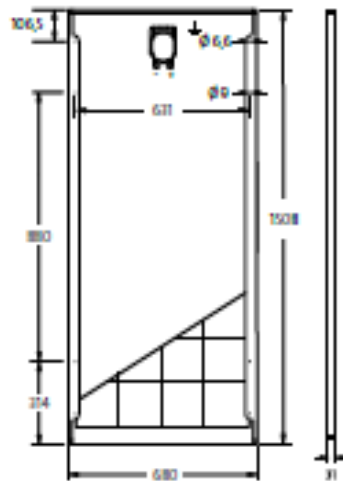
Measuring tolerance ( $P_{max}$ ) traceable to TÜV Rheinland, +/- 2% (TÜV Power controlled)

\*STC: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

## PERFORMANCE AT 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5

		SW 150
Maximum power	$P_{max}$	101 Wp
Open circuit voltage	$U_{oc}$	20.5 V
Maximum power point voltage	$U_{mp}$	16.6 V
Short circuit current	$I_{sc}$	7.77 A
Maximum power point current	$I_{mp}$	6.62 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m<sup>2</sup>, 100% (+/- 2%) of the STC efficiency (1000 W/m<sup>2</sup>) is achieved.



### DIMENSIONS

Length	1508 mm
Width	680 mm
Height	1880 mm
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	11.8 kg

### COMPONENT MATERIALS

Cells per module	36
Cell type	Poly crystalline
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	tempered glass (5W/2100)

### THERMAL CHARACTERISTICS

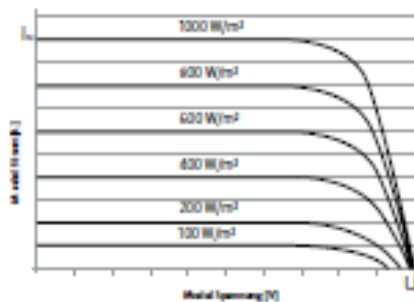
NOCT	46°C
$TKI_{sc}$	0.051%/K
$TKI_{mp}$	-0.37%/K
$TKP_{max}$	-0.67%/K

### ADDITIONAL DATA

Power sorting	+/- 5%
Air reaction box	IP 65

### PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION


Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum reverse current	75 A
Load / dynamic load	5.4 / 2.8 kN/m <sup>2</sup>
Number of bypass diodes	2
Operating range	-40°C bis +85°C



SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice. This data sheet complies with the requirements of EN 50360.

6386 01 | 2015-06-08 EN

Anexo 11. Cotización del mantenimiento del sistema.



**ORDEN DE COMPRA**

Fecha: 10/07/2019  
 Nro: GG-00032-2019  
 REFERENCIA CTZ No. 06-2019

Razón Social: FELIX ERNESTO NARVAEZ OJEDA \*  
 RUC: 10733611826  
 Atención: JORGE CHAVEZ HILARION  
 Telefonos: 941752021  
 E-mail: [jchavez@jorsonsac.com](mailto:jchavez@jorsonsac.com)


Obra/ Servicio: MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE 600 W PARA LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PÚBLICA N° 20956-6 EN EL ANEXO DE CHAUCHA

Estimados Señores:  
 Mediante la presente solicitamos tenga bien atender nuestro requerimiento de orden de compra según lista adjunta.

ITEM	CODIGO MATERIAL	DESCRIPCION DE PARTIDAS	MARCA	Unidad	METRADO TOTAL	P.U. (\$)	TOTAL	
<b>MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO</b>								
1		MANTENIMIENTO DE PANELES SOLARES			4	100.00	400.00	
2		MANTENIMIENTO DE BATERÍAS			2	140.00	280.00	
3		MANTENIMIENTO DEL INVERSOR			1	80.00	80.00	
4		MANTENIMIENTO DEL REGULADOR			1	80.00	80.00	
5		MANTENIMIENTO DEL CONEXIONADO			1	80.00	80.00	
6		MANTENIMIENTO PAT			1	80.00	80.00	
							TOTAL COSTO SIN I.G.V.	1,000.00
							I.G.V. (18%)	180.00
							<b>TOTAL CON I.G.V.</b>	<b>1,180.00</b>

**Condiciones Técnicas:**  
 Norma de Fabricación: normas vigentes Nacionales Internacionales, Especificaciones Tecnicas Distrital -  
 Garantía de Fabricación: 2 años  
 Otros:  
**Condiciones Comerciales:**  
 Tiempo de Entrega: SEGÚN COTIZACION No 00032-2019  
 Protocolos de Prueba: Los equipos deben incluir documentos originales como son Carta de Garantía, Protocolo de Pruebas y Protocolo de programación, proporcionados por Elster Medidores S.A.  
 Validez de la oferta: 30 días  
 Lugar y modo de entrega: Para envío a Huancayo  
 Forma de Pago: Al contado  
 Nota:  
 Otras:

Atentamente

  
 Ing. Jorge L. Chavez Matos  
 Gerente General  
 RPM : #990900720 Telefono : 990900720 Email : [jchavez@jorsonsac.com](mailto:jchavez@jorsonsac.com)

JORSON CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. RUC: 20486361523 Dirección: Jr. José Balta N° 375 - Chilca - Huancayo Sucursal: Jr. Tarapacá 1041 Huancayo - Huancayo  
 Teléfono - (064) 227493 E-mail: [informes@jorsonsac.com](mailto:informes@jorsonsac.com)



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO

### OBJETIVO

Las presentes especificaciones técnicas determinan, desde el punto de vista técnico, el diseño y fabricación de los materiales principales que se suministrarán en el marco del proyecto. El suministro estará previsto de manera que cuando se efectúe el montaje no existan materiales, accesorios ni equipos faltantes que impidan el fiel cumplimiento de la ejecución y la operación satisfactoria.

Todos los equipos materia del presente suministro, serán diseñados, construidos y probados de acuerdo a las recomendaciones mínimas establecidas en las siguientes especificaciones técnicas, así los requerimientos aplicables a suministros parciales serán indicados en los capítulos pertinentes y complementados con la tabla de datos técnicos y los planos del proyecto.

Las presentes especificaciones técnicas no son limitativas: todos los materiales, equipos, herramientas, servicios, trabajos de cualquier tipo y naturaleza, que no están específicamente mencionados en las especificaciones técnicas u otros documentos contractuales, pero que sean necesarios para el correcto funcionamiento de la obra, serán considerados como incluidos en el suministro, y proporcionados por el Contratista, conforme a las prescripciones de las condiciones generales.

### CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS

#### Condiciones geográficas y climáticas

Las líneas serán construidas en la Zona de Sierra (Suni) del Perú con altitudes que varían entre 3500 y 4000 m.s.n.m.

Las Subestaciones presentan las siguientes características:

LUGAR	ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA °C			RADIACION (kWh/m <sup>2</sup> )
		MINIMA	MEDIA	MAXIMA	
TOMAS	3,540	5.06	11.93	18.8	5.91
CHAUCHA	3,540	5.06	11.93	18.8	5.91

### NORMAS DE REFERENCIA

Todos los equipos y materiales del presente suministro, serán diseñados, construidos y probados de acuerdo a las recomendaciones establecidas en las siguientes normas:

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC)  
AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI)  
AMERICAN STANDARD TESTING MATERIALS (ASTM)  
DEUTTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN)  
VERBAND DEUTTSCHER ELEKTROTECHNIKER (VDE)

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES

El suministro deberá contemplar los siguientes aspectos generales:

- a) El material o ferretería a instalarse tendrá un diseño y fabricación de tal forma que evite la acumulación de agua, y minimice la acumulación de polvo o suciedad en su superficie.
- b) Se suministrarán los accesorios adecuados para la lubricación de las partes que lo requieran.
- c) Se realizará la instalación de los paneles solares con una inclinación determinada para su correcto funcionamiento.
- d) Se capacitará al personal de la Institución Educativa para el correcto uso y limpieza de los componentes del sistema, para su máxima eficiencia.
- e) El mantenimiento del sistema será realizado EXCLUSIVAMENTE por personal calificado y preparado para el mismo.

A continuación, se adjunta las Tablas de Datos Técnicos de los principales materiales de suministro.

### TABLA DE DATOS TECNICOS

#### PANELES SOLARES

DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO
Tipo		Policristalino
Potencia del panel ( $P_{m\acute{a}x}$ )	W	165
Eficiencia del panel ( $\eta_m$ )	%	16.5%
Tensión nominal del panel ( $V_{nom}$ )	V	12
Tensión en circuito abierto ( $V_{oc}$ )	V	22.35
Intensidad en cortocircuito $I_{sc}$	A	9.15

#### BATERIAS

DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO
Tensión nominal de la batería	V	12
Capacidad de la batería	A-h	250
Profundidad de descarga	%	75%
Eficiencia de la batería ( $\eta_b$ )	%	80%


## REGULADOR DE CARGA

DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO
Tipo		PWM
Tensión de entrada	V	24
Corriente de entrada	A	60.00
Eficiencia del controlador	%	90%

## INVERSOR

DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO
Tipo de onda		Sinusoidal pura
Ventrada	V	24.00
Vsalida	V	220.00
Frecuencia	Hz	60.00
Potencia	W	5000.00
Potencia pico	W	6000.00
Eficiencia	%	93

Anexo 14. Cotización puesta a tierra.



**"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"**

**HUANCAYO, 15 de Julio del 2019**

**SEÑOR: FELIX NARVAEZ OJEDA**

**ASUNTO: INSTALACION DE SPAT**

---

**PROPUESTA ECONÓMICA**

**RESUMEN PROPUESTA ECONÓMICA N° 102-2019**

**CLIENTE :** FELIX ERNESTO NARVAEZ OJEDA

**OBRA :** INSTALACION DE SPAT PARRIS

**LUGAR :** HUANCAYO

**FECHA :** 15/07/2019

**PRESUPUESTO :**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR PARCIAL
<b>1 MATERIALES</b>					
1.1	RECHILETE LAMINAR	Unid.	1	355.00	S/. 355.00
1.2	TERRA (GRANITO)	Unid.	2	120.00	S/. 240.00
1.3	CONECTOR S/B	Unid.	1	5.00	S/. 5.00
1.4	AJONNER	Unid.	1	1.20	S/. 1.20
1.5	CONECTOR OVAL 10 MM	Unid.	1	1.50	S/. 1.50
1.6	CABLE CPT 10 MM	Mtr.	24	5.00	S/. 120.00
1.7	TUBO DE PVC 1"	Unid.	5	7.00	S/. 35.00
1.8	CURVA DE PVC 1"	Unid.	3	1.00	S/. 3.00
1.9	CAJA DE REGISTRO PVC	Unid.	1	35.00	S/. 35.00
<b>2 MANO DE OBRA</b>					
2.1	INSTALACION PUESTA A TIERRA	Cb.	1	400.00	S/. 400.00
2.2	CONDICION PAT A TABLERO	Cb.	1	100.00	S/. 100.00
2.3	CERTIFICADO Y PROTOCOLO	Cb.	1	100.00	S/. 100.00
2.4	VIATICOS	Cb.	1	300.00	S/. 300.00

VALOR TOTAL DEL ESTUDIO

Impuesto General a las Ventas 18.00%

**MONTO FINAL DE PRESUPUESTO**

Plazo de ejecución : 3 días

Vigencia de la propuesta : 15 días

La propuesta incluye los impuestos de ley (IGV. 18%)

Jr. Loreto 540- Huancayo  
 954400099 - 986870991  
 E-mail: [jtecnicos@hotmail.com](mailto:jtecnicos@hotmail.com)  
[jhuaco@tecnicosperu.com](mailto:jhuaco@tecnicosperu.com)



## Anexo 15. Ficha técnica panel solar.



---

### Panel solar monocristalino RED I 65-36M con 36 células de alto rendimiento

- Alta eficiencia, triple busbar
- Apariencia en negro "full black"
- Calidad de fabricación y certificación

#### La gama de paneles solares más completa en calidad, tecnologías y rendimiento

La gama de paneles solares de RED SOLAR de tecnología monocristalina y policristalina cuentan con una alta eficiencia y calidad de fabricación.

#### Seguimos aumentando la eficiencia

La tecnología de fabricación de RED SOLAR vuelve a superarse y consigue una eficiencia de hasta el 19,75% de célula (según modelo) superando la eficiencia de la gama anterior, y su triple busbar reduce las pérdidas de potencia.

#### Paneles con clase, apariencia "full black"

Tanto las células como el marco y la hoja tedlar por ambas caras de los paneles son de color negro, dándole una presencia visual ideal en instalaciones, integraciones y todo tipo de proyectos.

#### Características destacadas

- Células solares de alta eficiencia con cristal texturizado.
- Diodo de bypass para minimizar las pérdidas por sombras. Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado en negro.
- Cumple las certificaciones internacionales (CE, TÜV) y está incluido en el programa PV Cycle.

#### Garantías

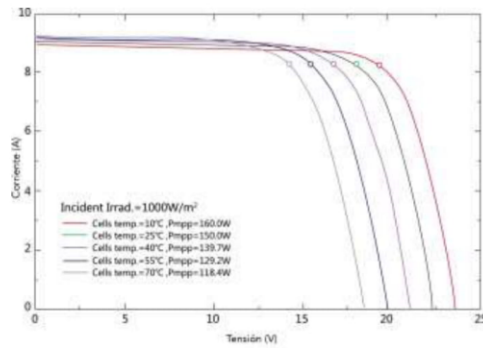
- 10 años por defecto de fabricación
- 10 años el 90% de la salida de potencia mínima garantizada
- 25 años el 80% de la salida de potencia mínima garantizada



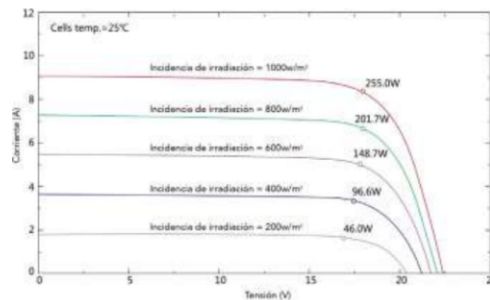


RED SOLAR® - Powering a bright future - - info@redsolar.com - www.redsolar.com

RED270-260-60M-REV01



Curvas I-V a diferentes temperaturas

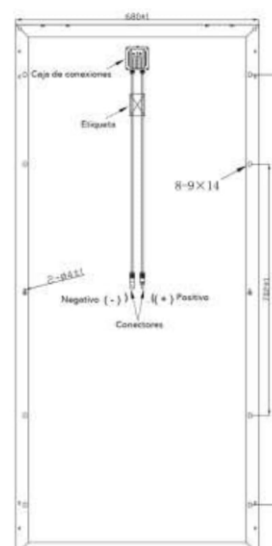
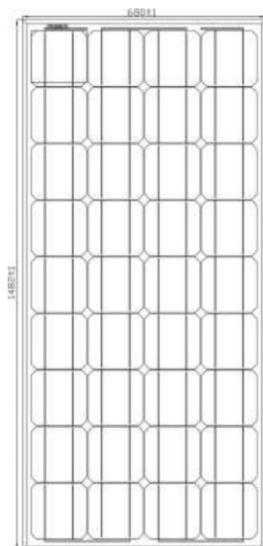


Curvas I-V a diferentes irradiaciones

## Especificaciones

Modelo	RED165-36M
Potencia máxima (Pmax)	165W
Tensión de potencia máx. (Vmp)	18,92V
Tensión de corriente máx. (Imp)	8,72A
Tensión de circuito abierto (Voc)	22,71V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,85A
Eficiencia de célula (%)	19,75%
Máxima tensión del sistema (V)	DC 1000V
Coef. de temp Isc (%)/°C	0,037%/°C
Coef. de temp Voc (%)/°C	-0,34%/°C
Coef. de temp Pmax (%)/°C	-0,48%/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de célula	45±2°C
Tolerancia	±3%
Tipo de célula (mm)	Monocristalino (156mmx156mm)
Nº de células	36
Tipo de conectores	MC4
Peso (kg)	12
Dimensiones (mm)	1482x680x35

Ficha técnica testeada según STC, STC:AM 1.5, 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C.



## Anexo 16. Ficha técnica batería - Auto Solar (2019).

Fabricación europea

Made in Europe

### SERIE UP-SPO

## SOLAR POWER ABIERTAS SOLAR POWER OPEN

#### Características

- Específicamente diseñada para aplicaciones que requieren un suministro permanente y duradero energía de eléctrica.
- Apto para aplicaciones cíclicas.
- Más de 400 ciclos a 75% D.O.D.
- Más de 800 ciclos según IEC 61427.
- Alta resistencia a los ciclos de descarga profunda y repetida.
- Mayor vida útil.
- Placas más gruesas con geometría radial para aumentar la vida y proporcionar mayor CCA.
- Placas ancladas a prueba de vibraciones y golpes.
- Material activo con una composición específica para minimizar el estrés cíclico.
- Aleación especial que asegura la resistencia contra la corrosión de las rejillas y la conductividad del material activo.

#### Aplicaciones

Energía fotovoltaica, auto caravanas, caravanas, barcos, carretillas elevadoras, plataformas elevadoras, vehículos eléctricos, barredoras, fregadoras, elevadores, apiladores, luminarias de carretera.

#### Main features

- Specially designed for those uses that require a permanent and lasting energy supply.
- Suitable for renewable energy, cyclic use.
- More than 400 cycles at 75% D.O.D.
- More than 800 cycles as per IEC 61427.
- High resistance to deep discharge cycles.
- Long service life.
- Thicker plates with radial geometry to increase service life and provide higher CCA.
- Plates mounted vibration and shock proof.
- Active material with specific composition that minimize stress in cyclic uses.
- Special alloy that ensures grids corrosion resistance and conductivity of the active material.

#### Main uses

Solar energy systems, mobile homes, street solar lighting, vessels, fork lifts, lifting platforms, electrical vehicles, sweepers, scrubbing machines, electric stackers, etc.

Model	Nominal Voltage (V)	Capacity Ah 1.80 UPC 20°C		Dimension (mm)						Weight (kg)	QTY x P
		C20	C100	Length		Width		Height			
				mm	in	mm	in	mm	in		
SPO70	12	60	70	242	9.53	175	6.89	190	7.48	14,9	63
SPO85	12	75	85	278	10.94	175	6.89	190	7.48	18,0	57
SPO90	12	80	90	270	10.73	175	6.89	220	8.66	18,7	57
SPO110	12	90	110	353	13.90	175	6.89	190	7.48	21,8	36
SPO115	12	100	115	304	11.97	175	6.89	220	8.66	23,9	56
SPO120	12	105	120	345	13.58	175	6.89	230	9.06	27,1	48
SPO140	12	125	140	345	13.58	175	6.89	285	11.22	30,2	36
SPO165	12	140	165	513	20.20	189	7.44	223	8.78	37,5	32
SPO205	12	180	205	513	20.20	223	8.78	223	8.78	46,5	21
SPO225	12	200	225	518	20.39	274	10.79	242	9.53	56,2	18
SPO250	12	230	250	518	20.39	274	10.79	242	9.53	58,0	18
SPO260	6	240	260	244	9.61	190	7.48	274	10.79	29,0	30

Los parámetros técnicos podrán ser cambiados sin previo aviso,

\* Technical specifications may be change without any notice,



Anexo 17. Ficha técnica del inversor - Hami Technology (2019).



**Características del producto**

- \*Disponible en modelos de 600 vatios
- \*Ofrecen una capacidad de sobrecarga de 1200 vatios
- \*La salida regulada protege los equipos delicados
- \*Tamaño compacto para facilitar su almacenamiento y uso
- \*Desconexión automática que evita la descarga total de las baterías
- \*Funcionamiento silencioso

**Características de protección**

- \*Desconexión por exceso de temperatura
- \*Desconexión por sobrecarga
- \*Desconexión por baja tensión (a 10,0 VCC)
- \*Desconexión por alta tensión (a 15,0 VCC)

Modelo	H-600
Potencia Nominal	600W
Máxima Potencia de arranque	1200W
Rango de Voltaje de Operación	10 ~ 15 Vdc
Tensión y frecuencia de salida	220 Vac – 50 / 60 Hz
Forma de onda	Senoidal Modificada
Temperatura de operación	-20 a +40°C
Humedad	20% a 90% sin condensación

Anexo 18. Ficha técnica del regulador - Pro Star™ (2019).



**MORNINGSTAR**  
World's Leading Solar Controllers & Inverters

Producto mostrado con reloj opcional.



**PROSTAR™**  
CONTROLADOR SOLAR

El controlador solar ProStar de Morningstar es el líder mundial en controladores solares de mediano rango, ya sea para aplicaciones profesionales como para el consumidor en general. Esta segunda generación de controladores ProStar ofrece:

- Añade nuevas prestaciones y protecciones usando tecnología altamente avanzada
- Proporciona mayor vida útil a la batería y mejora el rendimiento del sistema
- Define nuevos estándares de confiabilidad y genera diagnósticos automáticos

**Prestaciones Estándar:**

- Versiones disponibles: 15 o 30 amperios  
12 / 24 o 48 volts  
positivo o negativo a tierra
- Vida útil de 15 años (estimado)
- Carga de baterías mediante PWM (sin derivación)
- Selección del tipo de batería: gel, sellada o con líquido
- Controles y medidas muy precisas
- Puente para eliminar el ruido de telecomunicaciones
- Paralelo para hasta 300 amp
- Compensación de temperatura

- Tropicalización: revestimiento de protección, fijadores de acero inoxidable y disipador de calor de aluminio anodizado
- No es necesario conmutación ni medición en la pila abierta
- Componentes de estado sólido, 100%
- Caídas de tensión muy pequeñas
- Desconexión por baja tensión (LVD — Low Voltage Disconnect) con compensación de corriente
- Indicación de status y fallas de batería a través de LED
- Capaz de soportar sobrecargas hasta del 25%
- Terminales remotos con sensores de tensión de batería

**Protecciones Electrónicas:**

- Cortocircuito — paneles solares y carga
- Sobrecarga — paneles solares y carga
- Polaridad invertida
- Corriente invertida por la noche
- Desconexión por alta tensión
- Desconexión por alta temperatura
- Protección contra relámpagos y sobre tensión o transitorios
- Cargas protegidas contra picos de tensión
- Restablecimiento automático de todas las protecciones

# ProStar™ ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

## Prestaciones Opcionales del ProStar:

- Medidor digital
  - Visor de tensión y voltaje de alta precisión
  - Bajo consumo propio (1 mA)
  - Incluye botón de desconexión manual
  - Muestra 5 funciones de protección y de condiciones de desconexión
  - El auto-diagnóstico (auto-test) provee una prueba completa del ProStar:
    - Muestra 9 diferentes parámetros de estado del controlador, incluyendo la temperatura
    - Muestra las fallas detectadas
- Positivo a Tierra
- Sensor remoto de temperatura

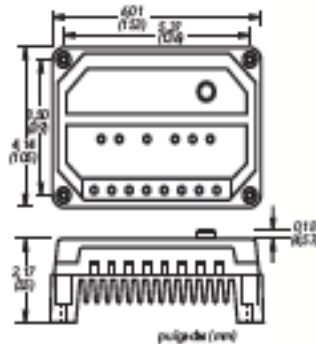
## Carga de la batería optimizada:

El ProStar tiene 4 etapas de carga de batería, para proporcionar una mayor capacidad y tiempo de vida útil a la batería.



## Especificaciones Mecánicas:

Peso:  
0,34 kg  
Calibre del cable:  
6 AWG  
(16 mm<sup>2</sup>)



## Versiones del ProStar:

	PS-15	PS-30	PS15M-48V
Corriente nominal del panel solar	15A	30A	15A
Corriente nominal de carga	15A	30A	15A
Tensión del sistema	12/24V	12/24V	48V
Opciones:			
Medidor digital	SI	SI	Estándar
Tierra positiva	No	SI	SI
Sensor remoto de temperatura	SI	SI	SI

## Puntos de Ajuste de La Batería\*

	Gel	Sellada	Con líquido
Tensión de regulación	14,0	14,15	14,4
Flotante	13,7	13,7	13,7
Ecuilibración	n/a	14,35	14,9/15,1
Desconexión de la carga	11,4	11,4	11,4
Reconexión de la carga	12,6	12,6	12,6

Observación: los valores están especificados para 12V. Use 2X para 24V e 4X para 48V.

## Especificaciones Eléctricas:

	12V	24V	48V
Compensación de temperatura (mV/°C)*	-30mV	-60mV	-120mV
Precisión	40mV	60mV	80mV
Mínima temperatura de operación	8V	8V	15V
Autoconsumo	22mA	25mA	28mA
Coefficiente de corriente LVD**	-20mV	-40mV	-80mV
Algoritmo de carga	PWM, tensión constante		
Temperatura de operación	-40°C a +60°C		
Visor digital:			
Temperatura de funcionamiento	-30°C a +85°C		
Precisión de la tensión	0,5%		
Precisión de corriente	2,0%		
Autoconsumo	1 mA		

\*Referencia 25°C  
\*\*Por ampere de carga



**MORNINGSTAR**

World's Leading Solar Controllers & Inverters

www.morningstarcorp.com

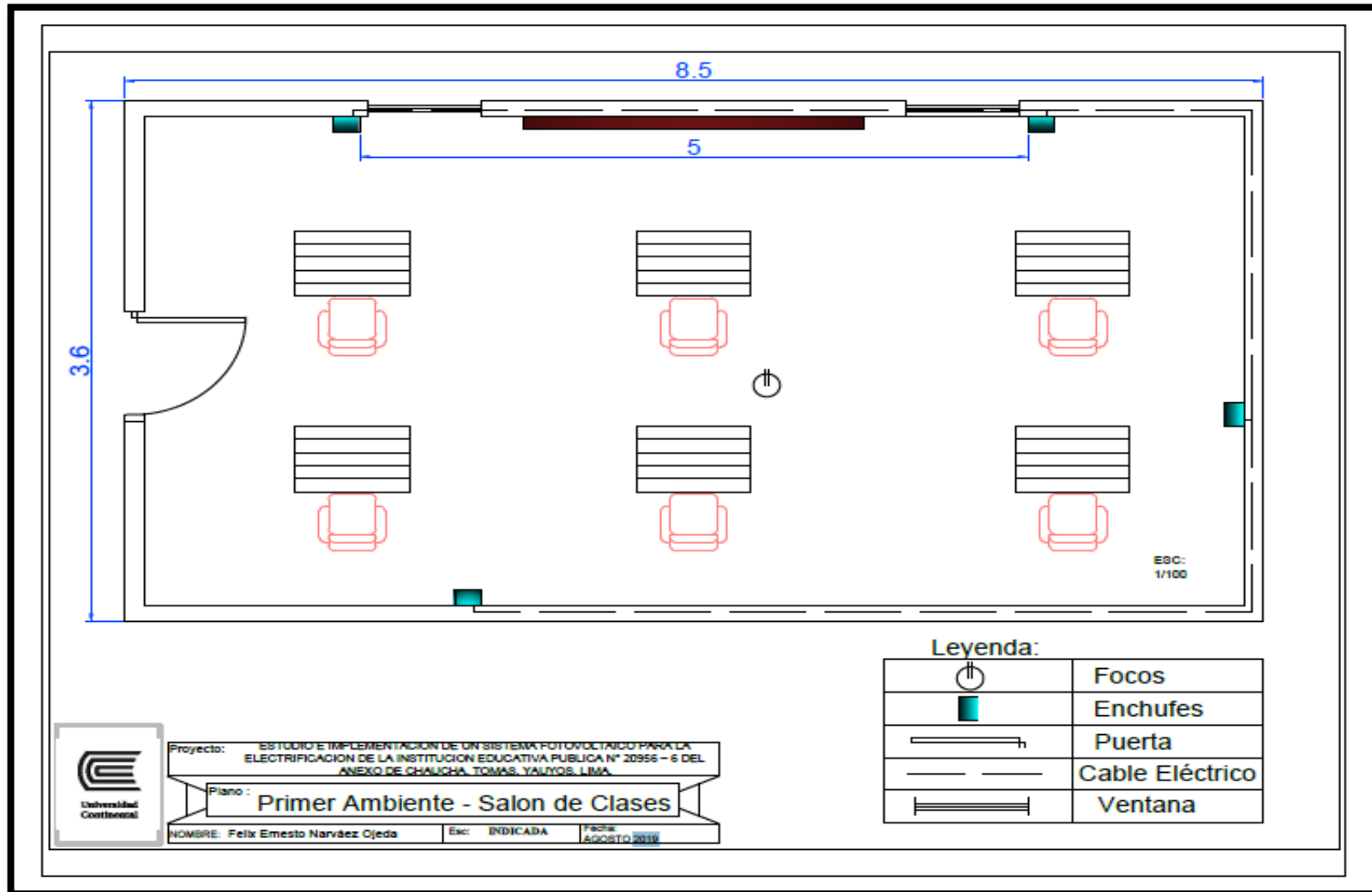
© 2014 MORNINGSTAR CORPORATION

IMPRESO EN BEIJING, CHINA

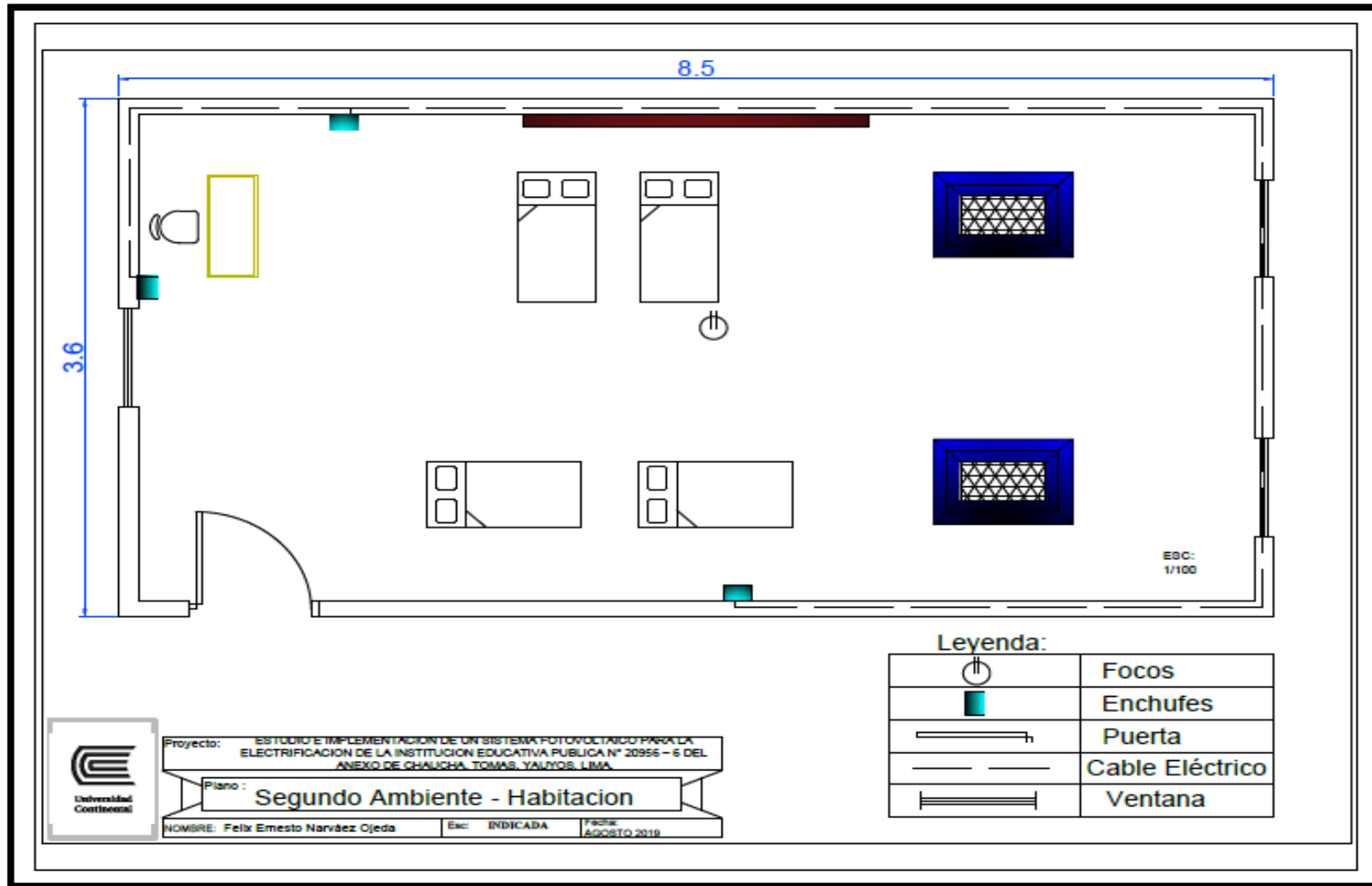
GARANTIA: Período de garantía de cinco años. Entre en contacto con a Morningstar ou seu distribuidor autorizado para conhecer as condições integrais.



Anexo 19. Planos eléctricos del ambiente 01.

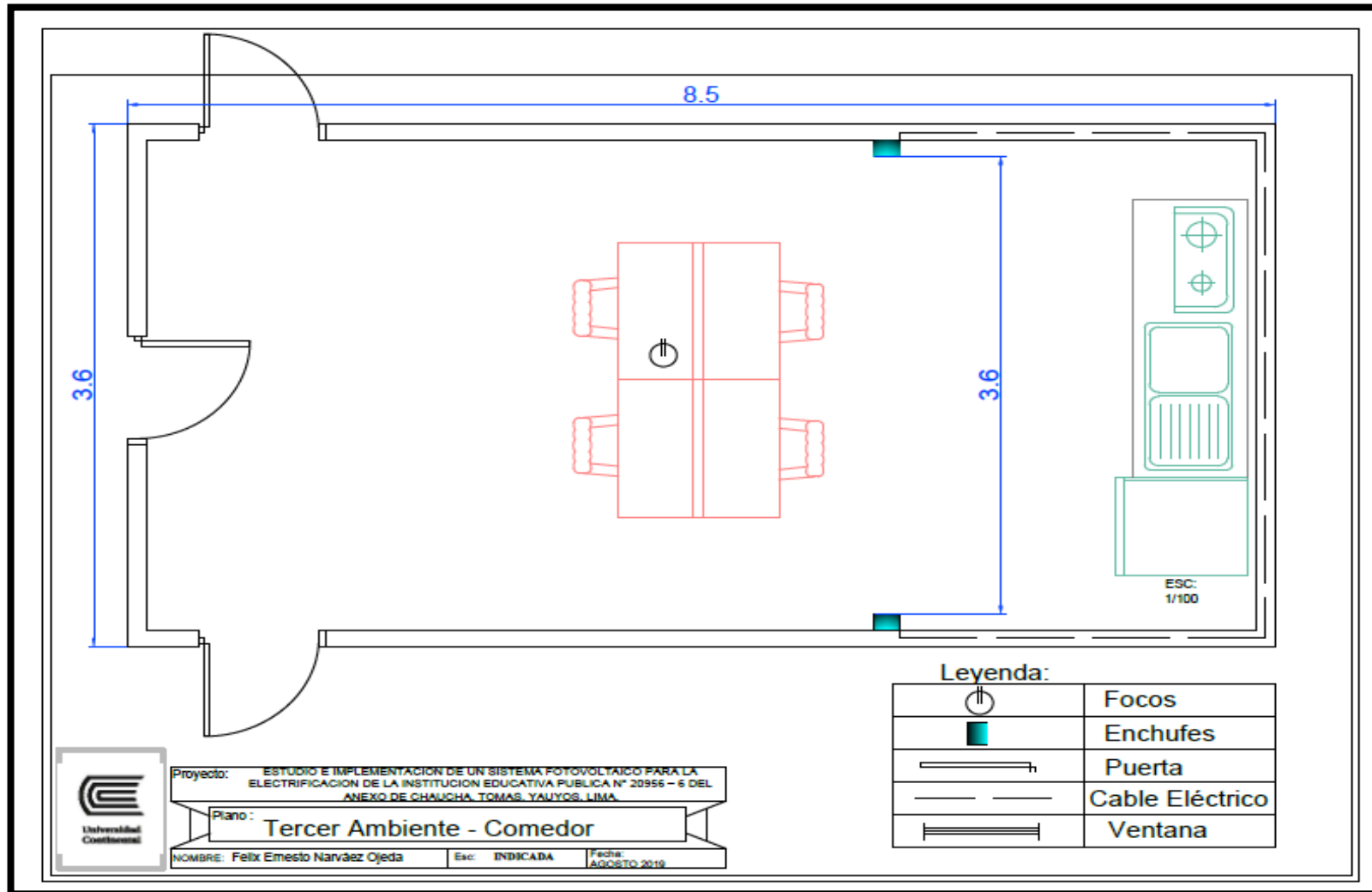


Anexo 20. Planos eléctricos del ambiente 02.

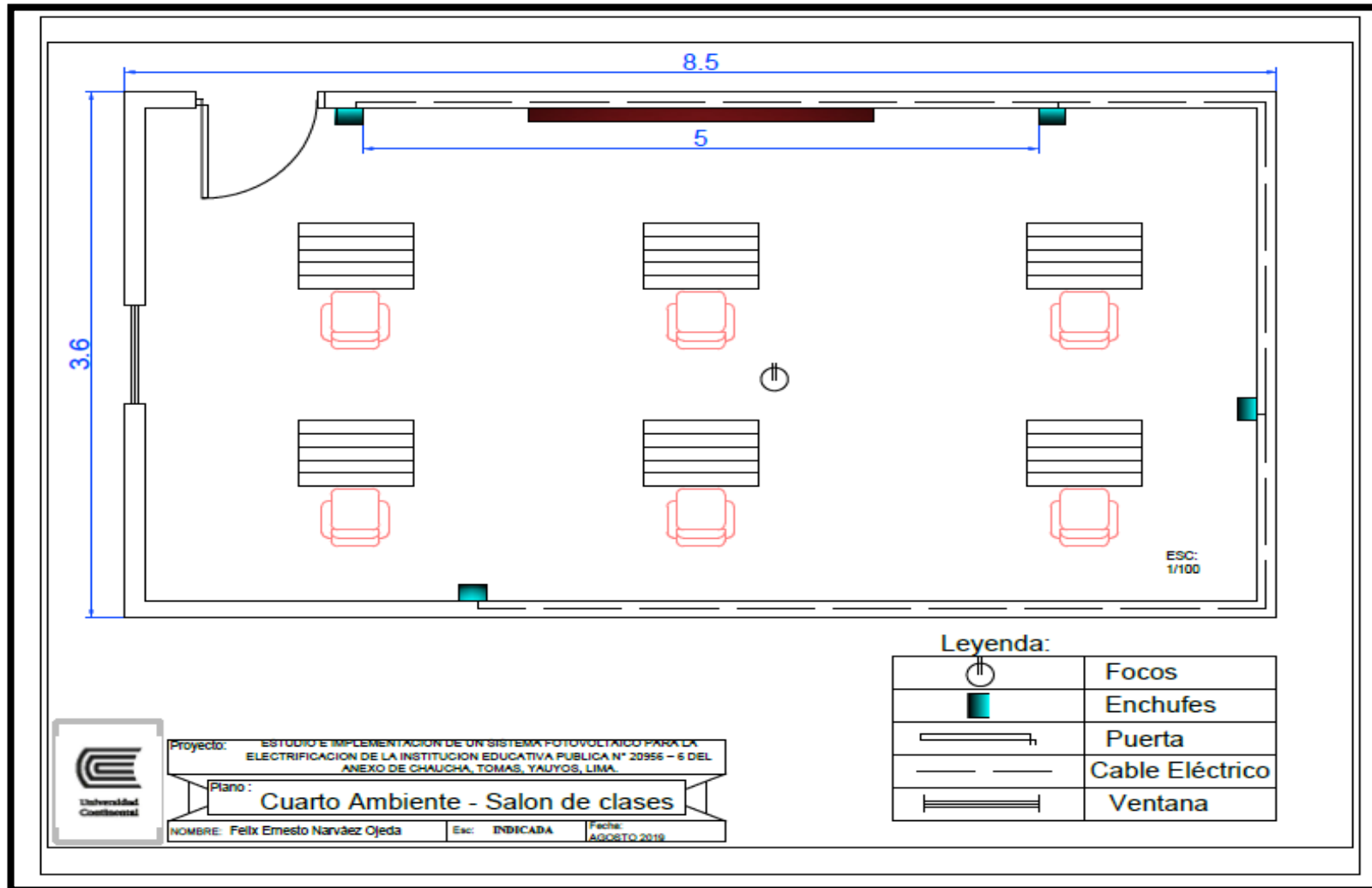




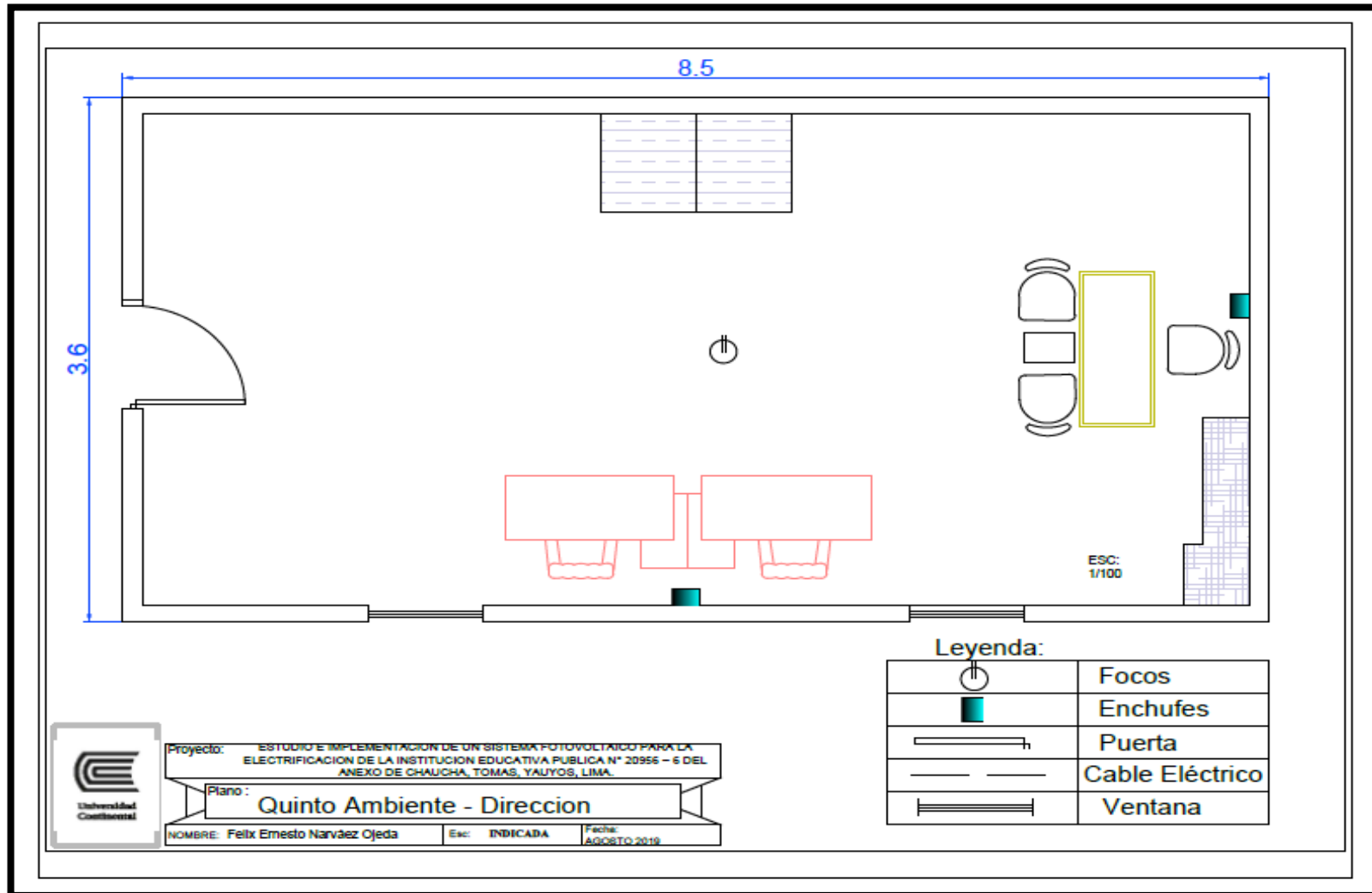
Anexo 21. Planos eléctricos del ambiente 03.



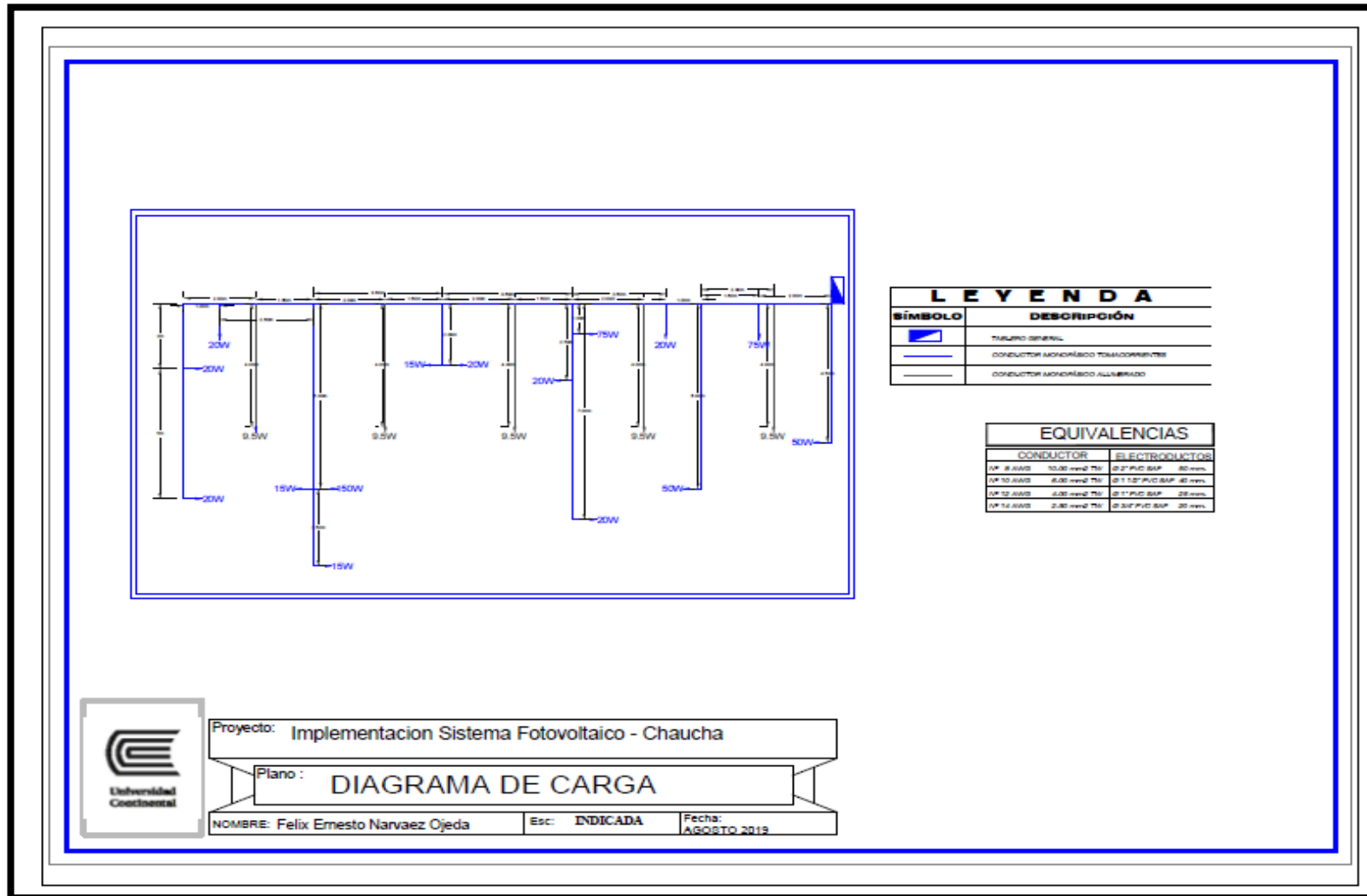
Anexo 22. Planos eléctricos del ambiente 04.



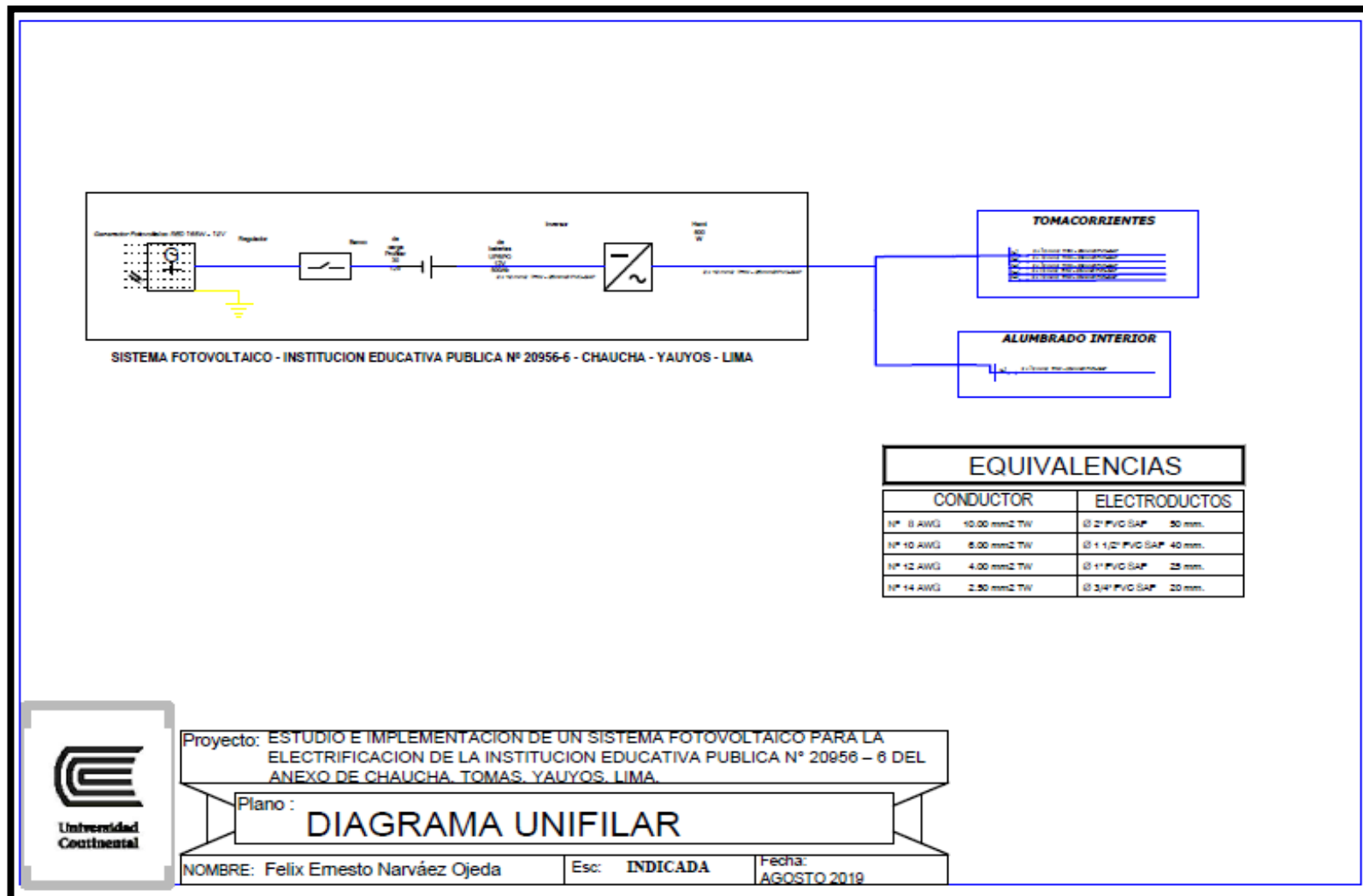
Anexo 23. Planos eléctricos del ambiente 05.



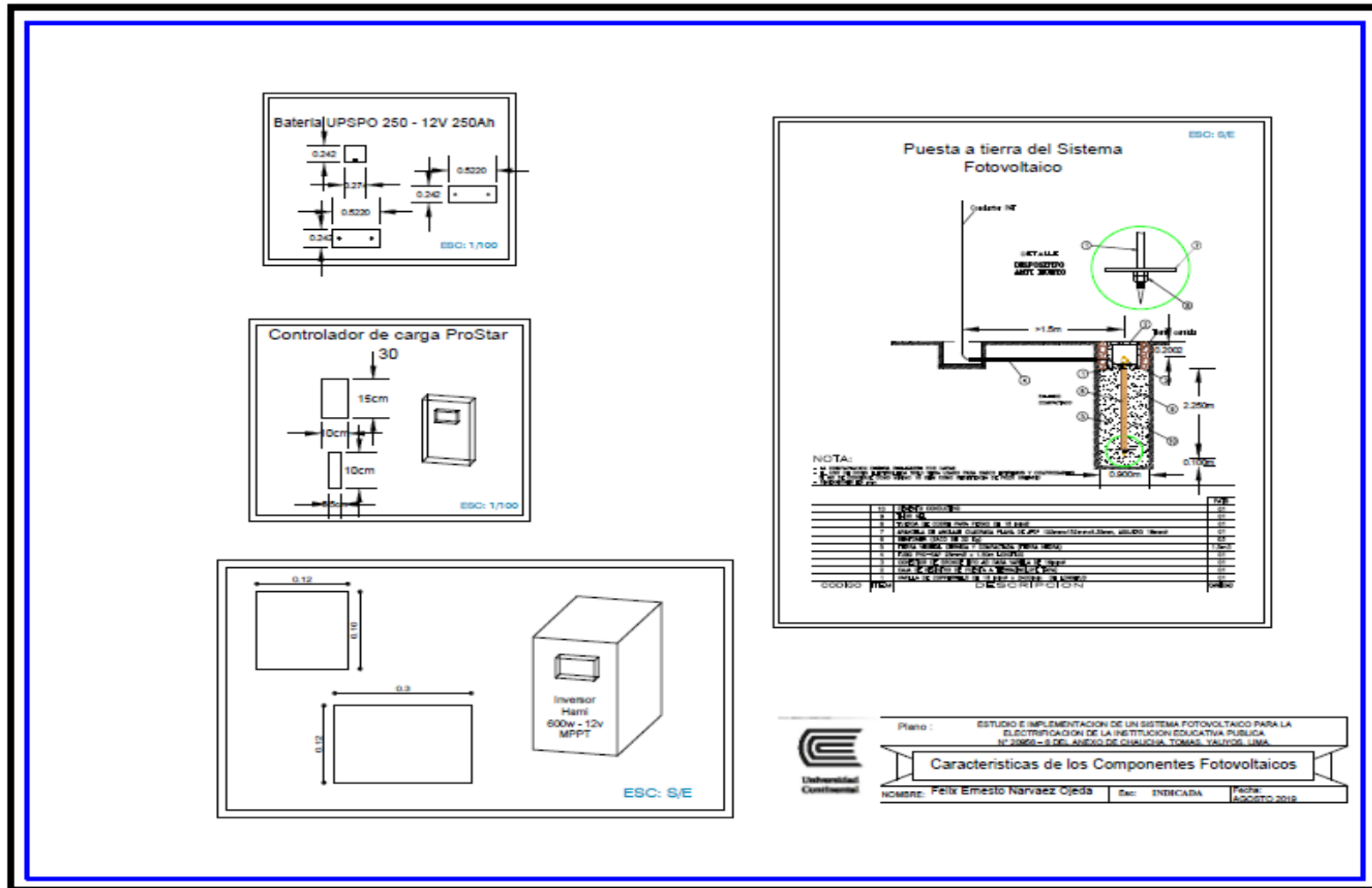
Anexo 24. Diagrama de carga.



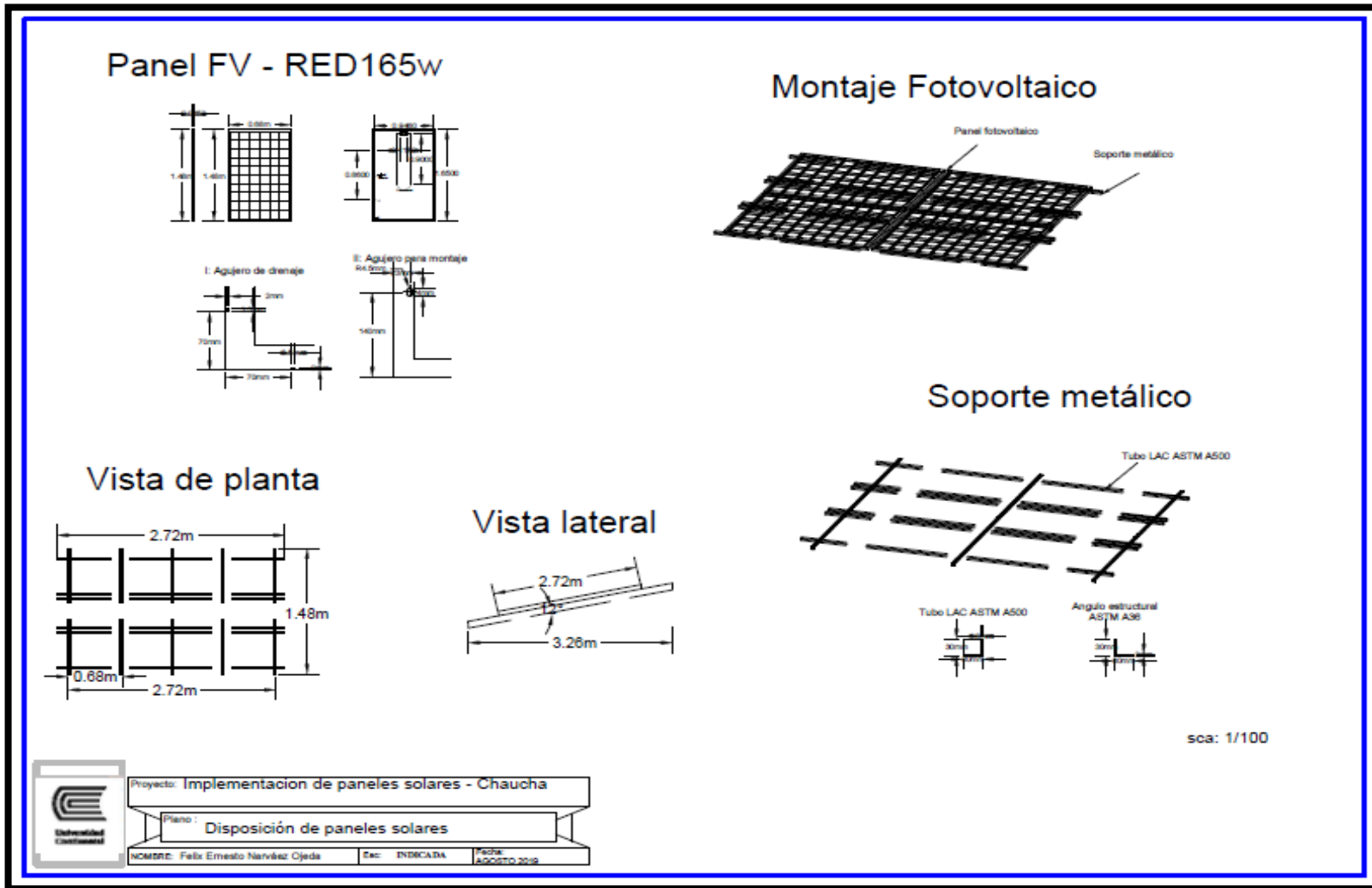
Anexo 25. Diagrama unifilar.



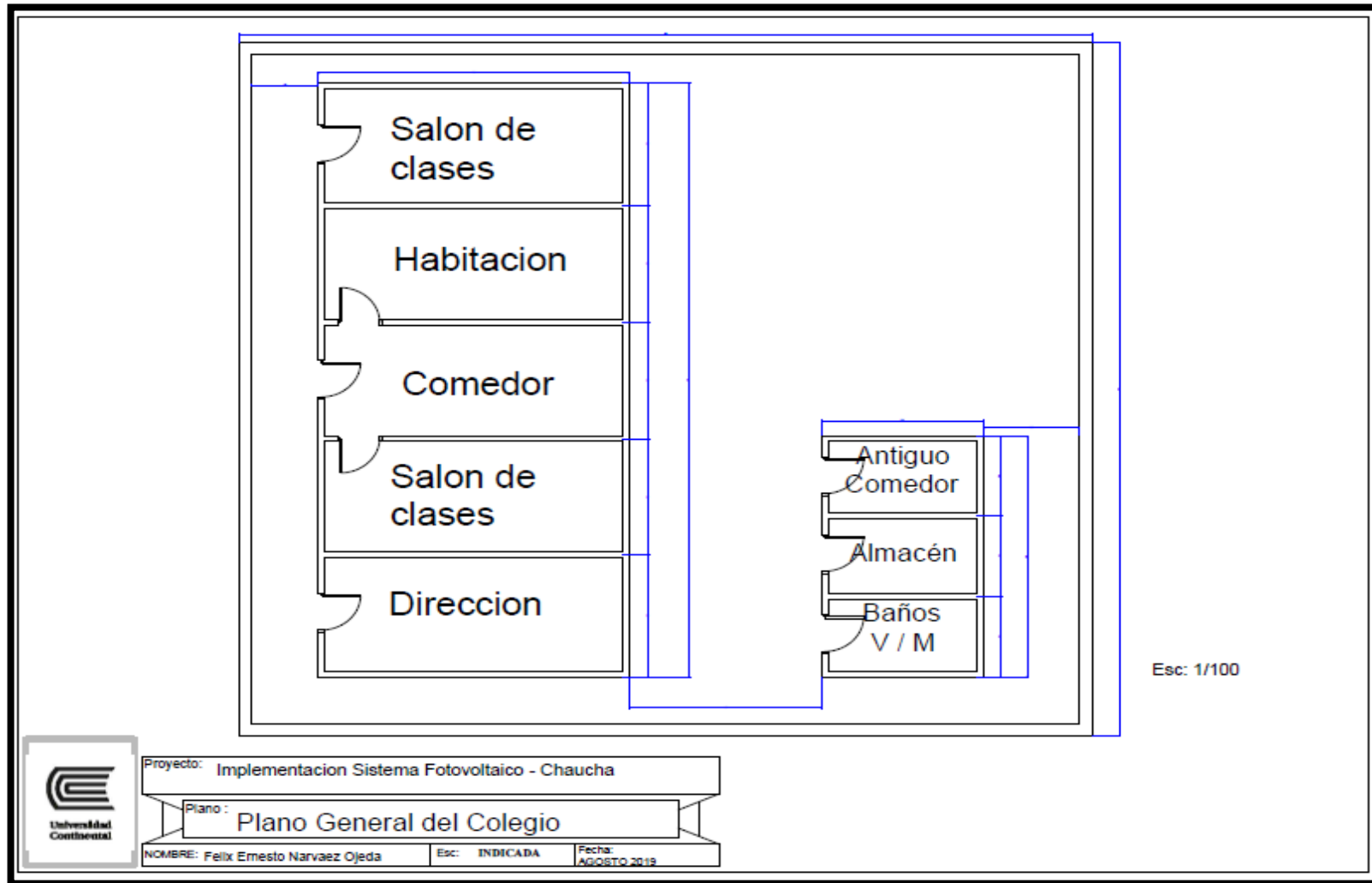
Anexo 26. Plano de los componentes.



Anexo 27. Plano de disposición de los paneles.



Anexo 28. Plano general del colegio.





Anexo 29. Montaje e instalación.

























