

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA
RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA**

TEMA:

Diseño de un sistema solar fotovoltaico configurado a la red eléctrica para el área administrativa de la Facultad Técnica de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

AUTOR:

Vera Mejía, Freddy Daniel

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de
MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA**

TUTOR:

Ing. Mazzini Muñoz, Gustavo Miguel Msc.

**Guayaquil – Ecuador
13 de marzo de 2025**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE
Y EFICIENCIA ENERGETICA**

CERTIFICACIÓN

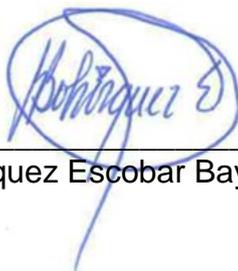
Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Vera Mejía, Freddy Daniel** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA**

TUTOR



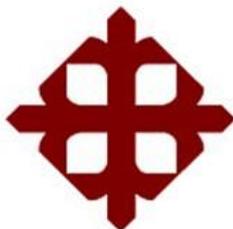
f. _____
Ing. Mazzini Muñoz, Gustavo Miguel Msc.

DIRECTOR DEL PROGRAMA



f. _____
Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, Ph.D

Guayaquil, 13 de marzo de 2025



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE
Y EFICIENCIA ENERGETICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Vera Mejía, Freddy Daniel

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación **Diseño de un sistema solar fotovoltaico configurado a la red eléctrica para el área administrativa de la Facultad Técnica de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil**, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 13 de marzo de 2025

f. 
Vera Mejía, Freddy Daniel
Ci: 0921488086



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE
Y EFICIENCIA ENERGETICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Vera Mejía, Freddy Daniel

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: **Diseño de un sistema solar fotovoltaico configurado a la red eléctrica para el área administrativa de la Facultad Técnica de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 13 días del mes de marzo del año 2025

f. 

Vera Mejía, Freddy Daniel
CI: 0921488086

REPORTE COMPILATIO

INFORME DE ANÁLISIS
magister

TESIS DVM-Maestria-25-junio-2024

4% Textos sospechosos

- 3% Similitudes
 - 0% similitudes entre comillas
 - 0% entre las fuentes mencionadas
- 2% Idiomas no reconocidos (ignorado)
- 1% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: TESIS DVM-Maestria-25-junio-2024.docx
ID del documento: 14d1f1fe33c02051c8f3b6766175dff5d415c4d
Tamaño del documento original: 10,29 MB
Autores: []

Depositante: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez
Fecha de depósito: 28/1/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 28/1/2025

Número de palabras: 26.271
Número de caracteres: 175.528

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ucsg.edu.ec 96 fuentes similares	7%		Palabras idénticas: 7% (1897 palabras)
2	repositorio.ucsg.edu.ec 54 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (1196 palabras)
3	enercitysa.com Beneficios Económicos Y Tributarios De La Energía Solar 6 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (461 palabras)
4	revistaespacios.com Revista ESPACIOS Vol. 39 (N° 34) Año 2018 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas: 2% (455 palabras)
5	repositorio.ucsg.edu.ec 90 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (368 palabras)

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación **DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTÁICO CONFIGURADO A LA RED ELÉCTRICA PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LA FACULTAD TÉCNICA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL**, presentado por el estudiante Vera Mejía Freddy Daniel, fue enviado al Sistema Anti plagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al **(4%)**, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.


f. _____

Ing. Mazzini Muñoz, Gustavo Miguel Msc.

Dedicatoria

Dedico mi tesis primero a Dios por ser el motor de vida, a mis padres por haberme apoyado en el desarrollo de mi profesión de manera incondicional y haberme alentado y motivado a dar grandes pasos en las decisiones de mí existir. A mis amigos y compañeros que me ayudaron a desenvolverse en el ámbito profesional.



Vera Mejía Freddy Daniel

Agradecimientos

Agradezco a mi familia, amigos y seres queridos por la confianza y apoyo brindado hacia mi persona, especialmente en los momentos que más lo he necesitado. El apoyo incondicional y las palabras de aliento para enfrentar con determinación los retos que me ha vida, la sabiduría y la paciencia para saber tomar con responsabilidad mis decisiones y un agradecimiento especial a mis padres por motivarme a tomar esta maestría siempre estaré agradecido, gracias por haberme acompañado en el desarrollo de mi proyecto.



Vera Mejía Freddy Daniel



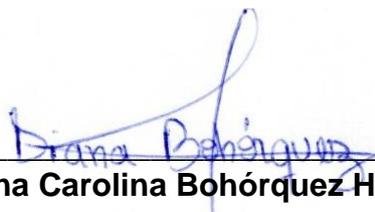
**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN ENERGIAS RENOVABLES Y
EFICIENCIA ENERGETICA**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



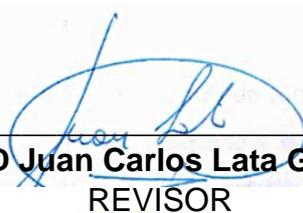
Ing. Gustavo Miguel Mazzini Muñoz M.Sc

TUTOR

f. 

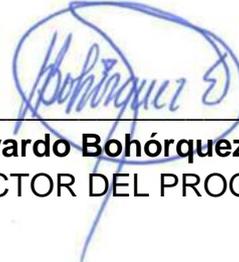
Ing. Diana Carolina Bohórquez Heras, Mgs

REVISOR

f. 

PH.D Juan Carlos Lata Garcia

REVISOR

f. 

**Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D
DIRECTOR DEL PROGRAMA**

Contenido

CAPITULO 1	2
1. ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1. Introducción	2
1.2. Descripción de la situación problemática.	3
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Justificación e importancia del problema.	5
1.5. Delimitación del problema.	5
1.6. Objetivos	6
1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos.	6
1.7. Hipótesis	7
1.8. Aporte teórico.	7
1.9. Aporte y aplicación práctica.	7
1.10. Metodología de la investigación.	8
CAPITULO II	9
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Estudio del Arte.	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales.	10
2.1.2. Antecedentes nacionales.	13
2.2. Bases científicas y fundamentación teórica de la temática	16
2.2.1. Energía No Renovable.	16
2.2.2. Introducción a las energías renovables.	16
2.3. Sistema solar.	17
2.3.1. Energía Solar.	19
2.3.2. Radiación solar	20
2.3.3. Horas solares pico.	22
2.3.4. Constante solar.	23
2.4. Sistema solar fotovoltaico.	23
2.4.1. Célula fotovoltaica.	24
2.4.2. Unión P-N	25
2.4.3. Efecto fotoeléctrico.	27
2.4.4. Efecto fotovoltaico.	28
2.5. Componentes del sistema solar fotovoltaico	29
2.5.1. Módulos fotovoltaicos	29
2.5.2. Tipos de módulos fotovoltaicos.	31
2.5.3. Orientación de los módulos fotovoltaicos	35
2.5.5. Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas.	41
2.5.5.2. Aplicaciones conectadas a la red.	42

2.6.1.	Tenemos sistema fotovoltaico con conexión a la red simple:	43
2.6.2.	Sistema conectado a la red con baterías:	43
2.6.3.	También se tienen Sistema fotovoltaico con almacenamiento en batería conectado a la red:	43
2.7.	Banco de baterías.	46
2.7.1.	Tipo de baterías.	47
2.7.2.	Tipo de conexiones entre Baterías.	49
2.8.	Inversor.	51
2.8.1.	Tipos de inversor.	52
2.8.2.	Inversor interconectado a la red eléctrica.	53
2.8.3.	Tecnologías de micro inversor	55
2.9.	Regulador de carga.	57
2.9.1.	Características físicas del regulador de carga.	59
2.9.2.	Esquema de conexión del regulador en la instalación.	59
2.10.	Protecciones para los sistemas eléctricos.	60
2.10.1.	Sistema puesto a tierra.	60
2.10.2.	Protección contra descargas atmosféricas.	61
2.10.3.	Dispositivos de protección SPD.	63
2.10.4.	Principio de protección escalonada.	64
	Figura 2.51. Protección contra sobretensiones, conexión SPD tipo 1 (CT1)	64
	Fuente: https://crushtymks.com/es/	64
	Figura 2.52. Protección contra sobretensiones, conexión SPD tipo 2 (CT1)	65
2.10.5.	Elementos de protección para un sistema fotovoltaico.	67
2.11.	Protección contra incendios en sistemas fotovoltaicos instalados en techos.	68
2.11.1.	Mejores prácticas de seguridad contra incendios para las instalaciones de sistemas fotovoltaicos en tejados.	69
CAPITULO II.....		72
3.	NORMATIVAS Y RESOLUCIONES DEL ENTE REGULADOR.....	72
3.1.	Antecedentes.	72
3.2.	Marco legal.	72
3.2.1.	LOSPPE: Ley orgánica del servicio público de energía eléctrica.	74
3.2.2.	MARCO REGULATORIO	74
3.3.	Sector eléctrico ecuatoriano.	75
3.3.1.	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR).	76
3.3.2.	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR).	76
3.3.3.	CENACE.	76
3.3.4.	Sector operativo.	77
3.4.	Normativa y Regulaciones ARCERNNR (ex ARCONEL).	79

CAPITULO IV.....	81
4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	81
4.1. Localización del proyecto.	81
4.3. Estudio potencial fotovoltaico.	90
4.3.1. Definiciones.	90
4.4. Irradiación promedio en la zona del proyecto.	92
4.5. Demanda Eléctrica y cálculo del consumo eléctrico por día para el dimensionamiento de la Red.	95
CAPITULO V.....	97
5. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	97
5.1. Metrología en paneles solares fotovoltaicos.	97
5.2. Datos climatológicos.	98
5.3. Elección de los componentes del sistema fotovoltaico.	99
5.3.1. Aspectos y consideraciones para el diseño.	99
5.3.2. Determinación de las cargas en corriente alterna.	100
5.3.4. Dimensionamiento del módulo FV y cálculo del número de paneles.	101
5.3.5. Elección del inversor DC/AC.	103
5.3.6. Accesorios de la instalación.	104
5.3.7. Diagrama unifilar eléctrico del sistema fotovoltaico.	105
5.3.8. Detalle general de especificaciones técnicas.	106
5.4. Software PVsyst	107
5.4.1. Características Principales de PVsyst	107
CAPITULO VI.....	113
6. COSTOS Y ESTUDIO FINANCIERO.....	113
6.1. Costo del sistema fotovoltaico interconectado a la red.	113
6.2. Evaluación económica y presupuesto referencial del proyecto.....	113
6.2.1. Identificación y valoración de la inversión total, Costos de Operación y Mantenimiento.	114
6.3. Cálculo de la facturación comercial con el Pliego Tarifario vigente.	115
6.3.1. Detalle del Pliego tarifario Vigente - CNEL EP 2022 - Unidad de Negocio Guayaquil.	116
6.3.2. Detalle de factura de consumo eléctrico mensual - CNEL EP 2022 - Unidad de Negocio Guayaquil.	116
6.4. Análisis de la Inversión sobre el costo energético.	118
6.5. Análisis de Sostenibilidad.	119
6.5.1. Análisis de Impacto Ambiental y de Riesgos.	119
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	120
7.1. CONCLUSIONES.	120
7.2. RECOMENDACIONES	121
CAPITULO VIII.....	122
8. REFERENCIAS.....	122
8.1. Terminologías:	124

CAPITULO IX.....	125
9. ANEXOS.....	125

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
CAPITULO II	
Figura 2.1. Potencia fotovoltaica instalada a nivel mundial.....	11
Figura 2.2. Generación distribuida en América Latina.....	12
Figura 2.3. Aporte en Megavatios proyecto CNEL EP.....	16
Figura 2.4. Tipos de energía renovables.....	17
Figura 2.5. Composición del sol y sus etapas.....	18
Figura 2.6. Sistema solar.....	19
Figura 2.6. Energía solar.....	20
Figura 2.7. Radiación solar.....	20
Figura 2.8. Distribución espectral de la irradiancia directa en la atmósfera terrestre.....	21
Figura 2.9. Hora solar pico.....	22
Figura 2.10. Elementos de una instalación solar fotovoltaica.....	24
Figura 2.11. Componentes Celda solar fotovoltaica.....	25
Figura 2.12. Unión semiconductor Tipo N-P.....	26
Figura 2.13. Unión semiconductor Tipo N-P.....	26
Figura 2.14. Efecto fotoeléctrico comportamiento del material semiconductor con la longitud de onda.....	27
Figura 2.15. Efecto fotoeléctrico interacción de flujo de electrones en placas del material semiconductor.....	28
Figura 2.16. Estructura de un panel solar fotovoltaico.....	29
Figura 2.17. Estructura de un panel solar fotovoltaico.....	30
Figura 2.18. Partes de un módulo solar fotovoltaico.....	30
Figura 2.19. Módulo monocristalino.....	32
Figura 2.20. Módulo monocristalino.....	32
Figura 2.21. Modulo Amorfo.....	33
Figura 2.22. Curva de máxima potencia en el panel.....	35
Figura 2.23. Posición del sol relativa sobre una superficie plana.....	36
Figura 2.24. Orientación eficiente módulo solar fotovoltaico.....	37
Figura 2.25. Orientación eficiente modulo solar fotovoltaico.....	38
Figura 2.26. Orientación eficiente modulo solar fotovoltaico.....	38
Figura 2.27. Conexión en serie módulos fotovoltaicos.....	39
Figura 2.28. Conexión en paralelo módulos fotovoltaicos.....	39
Figura 2.29. Conexión en serie - paralelo de paneles solares.....	40
Figura 2.30. Conexión en serie - paralelo de placas solares.....	40
Figura 2.31. Sistema solar fotovoltaico sin conexión a la red.....	41
Figura 2.32. Sistema solar fotovoltaico conectada la red.....	42
Figura 2.33. Celda, módulo, panel y arreglo (fotovoltaico).....	46
Figura 2.34. Banco de baterías.....	47
Figura 2.35. Batería de plomo ácido sellada.....	48
Figura 2.36. Batería de Níquel-Cadmio.....	48
Figura 2.37. Batería de litio.....	49
Figura 2.38. Conexión en serie de baterías.....	50
Figura 2.39. Conexión en paralelo de baterías.....	50

Figura 2.40. Conexión mixta de baterías.....	51
Figura 2.41. Inversor.....	52
Figura 2.42. Esquema de inversor autónomo.....	53
Figura 2.43. Esquema de inversor interconectado a la red.....	54
Figura 2.44. Inversor centralizado con 4 MPPT.....	55
Figura 2.45. Inversor en cadena con 4 MPPT.....	56
Figura 2.46. Micro inversor 300WP.....	57
Figura 2.47. Esquema de un regulador.....	58
Figura 2.48. Esquema de conexión de un regulador.....	60
Figura 2.49. Zonas de protección infraestructura industrial.....	61
Figura 2.50. Zonas de protección según el rango.....	62
Figura 2.51. Protección contra sobretensiones, conexión SPD tipo 1 (CT1).....	64
Figura 2.52. Protección contra sobretensiones, conexión SPD tipo 2 (CT1).....	65
Figura 2. 53. Pararrayo dispositivo de cebado.....	66
Figura 2. 54. Sistema de protección contra descargas directas e indirectas de rayos.....	66
Figura 2.55. Zonas de protección según su rango.....	68
Figura 2. 56. Paneles solares incendiados.....	70

CAPITULO III

Figura 3. 1. Esquema de captación, Procesamiento y Análisis.....	72
Figura 3. 2 Constitución, Leyes y Reglamento.....	73
Figura 3. 3. Estructura del sector eléctrico ecuatoriano.....	75

CAPITULO IV

Figura 4. 1. Ubicación del proyecto fotovoltaico.....	81
Figura 4. 2. Ubicación del proyecto fotovoltaico.....	81
Figura 4. 3. Ubicación del proyecto fotovoltaico.....	82
Figura 4. 4. Ubicación del proyecto fotovoltaico.....	82
Figura 4. 5. Diagrama unifilar eléctrico general.....	83
Figura 4. 6. Consumos y demanda históricos.....	83
Figura 4. 7. Zonas o áreas administrativas.....	88
Figura 4. 7.1. Tipos de radiación solar.....	91
Figura 4. 8. Irradiación horizontal Global.....	92
Figura 4. 9. Zona del proyecto con la irradiación solar.....	93
Figura 4. 10. Zona del proyecto con la irradiación solar.....	94
Figura 4. 11. Zona del proyecto con la irradiación solar.....	95

CAPITULO V

Figura 5.1. Metrología de panel solar.....	98
Figura 5.2. Cálculo de cantidad de Reguladores.....	102

Figura 5. 3. Arreglo fotovoltaico con base en los cálculos de acuerdo al equipamiento (1).....	105
Figura 5.3. Arreglo fotovoltaico con base en los cálculos de acuerdo al equipamiento (2).....	105
Figura 5.3. Arreglo fotovoltaico con base en los cálculos de acuerdo al equipamiento (3).....	105
Figura 5.3. Arreglo fotovoltaico con base en los cálculos de acuerdo al equipamiento (4).....	105
Figura 5. 3. Arreglo fotovoltaico con base en los cálculos de acuerdo al equipamiento (5).....	110
Figura 5. 4. Detalles específicos el sistema fotovoltaico (software PVSyst.).....	108
Figura 5. 5. Ubicación del punto geográfico.....	109
Figura 5. 6. Detalle meterológico.....	109
Figura 5. 7. Inclinación y sombra	110
Figura 5. 8. Dimensionamiento del sistema	111
Figura 5. 9. Pérdidas y producción del sistema	112
Figura 5. 10. Balance y resultados del sistema	112

CAPITULO VI

Figura 6.1. Detalle general de la tarifa aplicada.....	114
--	-----

INDICE DE TABLAS

Contenido	Página
CAPITULO III	
Tabla 3.1. Unidades de Negocio CELEC EP.....	78
Tabla 3.2. Unidades de Negocio CNEL EP.....	79
CAPITULO IV	
Tabla 4.1. Consumo Wh/ día de equipos.....	90
Tabla 4.2. . Cálculo del consumo eléctrico.....	96
CAPITULO V	
Tabla 5.1. Datos climatológicos en Ecuador.....	99
Tabla 5.2. Consideraciones técnicas para el diseño.....	100
Tabla 5.3. Determinación de las cargas.....	100
Tabla 5.4. Determinación de la corriente pico del sistema.....	101
Tabla 5.5. Cálculo de cantidad de paneles fotovoltaico.....	102
Tabla 5.6. Dimensionamiento del banco de baterías.....	103
Tabla 5.7. Selección de la batería y cantidad.....	103
Tabla 5.8. Cálculo de cantidad de Reguladores.....	106
Tabla 5.9. Cálculo de cantidad de Reguladores.....	107
Tabla 5. 10. Cálculo de cantidad de Reguladores.....	108
Tabla 5. 11. Equipamiento técnico.....	108
Tabla 5. 12. Detalle general de especificaciones técnicas.....	109
CAPITULO VI	
Tabla 6.1. Detalle general de especificaciones técnicas.....	115

INDICE DE ANEXOS

Contenido	Página
ANEXO 1. Resolución No. ARCONEL 042/18.....	125
ANEXO 2. Resolución Nro. ARCERNNR 013/2021.....	127
ANEXO 3. PANEL SOLAR DE 385 Watt.....	133
ANEXO 4. CONTROLADOR DE VOLTAJE (REGULADOR DE CARGA).....	135
ANEXO 5. INVERSOR.....	136
ANEXO 6. BATERIAS.....	138
ANEXO 7. PLIEGO TARIFARIO VIGENTE.....	139

Resumen

Las fuentes de energía eléctrica de tipo convencionales para su generación en gran parte es mediante la quema de combustibles fósiles, el cual corresponde a un recurso limitado, y que han sido sobre explotados a lo largo de décadas teniendo como incidencia la contaminación del escenario natural donde se desarrollan las diversas actividades como lo es el medio ambiente causando directamente en la atmósfera terrestre un incremento de CO₂ (dióxido de carbono), y a la vez la extinción de estos recursos en los venideros años, bajo estos antecedentes ha sido necesario la incorporación y generación eléctrica de las energías renovables, considerando sobre todo que son naturales e inagotables, la cual son generadas por medios y mecanismos que no afectan al ecosistema, en los actuales momentos se ha convertido en una ayuda para la problemática energética y ecológica para la comunidad siendo necesario migrar a estas tecnologías amigables, seguras y confiables.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal realizar un diseño integral de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red eléctrica convencional mediante el análisis y formulación para el cálculo de las dimensiones y selectividad del equipamiento a utilizar considerando las normativas, convenciones y leyes vigentes; esto nos permitirá disminuir el uso de la potencia total o aparente instalada; determinar los verdaderos costos energéticos para obtener una facturación real mensual de la facultad técnica de la universidad católica, además que el proyecto sirva como modelo para implementar en futuros estudios y diseños fotovoltaicos.

Palabras clave: Sistema solar; convenciones; fotovoltaico; ecosistema; potencia total o aparente; energéticos.

Abstract

The conventional sources of electrical energy for their generation are largely through the burning of fossil fuels, which corresponds to a limited resource, and which have been over-exploited over decades, having as an incidence the contamination of the natural setting where the various activities are developed, such as the environment, directly causing an increase in CO₂ (carbon dioxide) in the earth's atmosphere, and at the same time the extinction of these resources in the coming years, under these antecedents it has been necessary to incorporate and generate electricity from renewable energies, considering above all that they are natural and inexhaustible, which are generated by means and mechanisms that do not affect the ecosystem, at the present time it has become a help for the energetic and ecological problems for the community being necessary migrate to these friendly, safe and reliable technologies.

The main objective of this degree work is to carry out an integral design of a photovoltaic solar system interconnected to the conventional electrical network through the analysis and formulation for the calculation of the dimensions and selectivity of the equipment to be used considering the regulations, conventions and current laws; this will allow us to reduce the use of the total or apparent installed power; determine the true energy costs to obtain a real monthly billing of the technical faculty of the Catholic university, in addition to the project serving as a model to implement in future studies and photovoltaic designs.

Key words: Solar system; conventions; photovoltaic; ecosystem; total or apparent power; energy

CAPITULO 1

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

Los griegos fueron los primeros en usar diseños de aprovechamiento de la luz del sol, esto como referencia histórica en la antigua Grecia con el filósofo Arquímedes probablemente por el año 400 A.C. En los años 1950 el investigador de semiconductores (diodos) llamado Russell Ohl quien descubrió que la luz proveniente de los rayos solares al incidir sobre una fina lámina de silicio producía cantidades de electrones libres lo que generaba electricidad, posteriormente el efecto fotovoltaico fue reconocido en el año 1983.

En el transcurrir del tiempo asociados al desarrollo humano e industrial la extracción y el consumo de los hidrocarburos y de más derivados combustibles fósiles para obtener electricidad ha sido uno de los relevantes negocios con mayor demanda y en crecimiento dentro del sector, esta extracción a causando complejos inconvenientes de tipo ambiental y de crecimiento vegetativo por el uso de la energía, debido al incremento de la población mundial y a las aplicaciones de uso del consumo de energía eléctrica han llevado a los científicos e investigadores a proponer diversas aplicaciones de tecnologías energéticas mediante el uso de fuentes de energía alternativas o renovables las cuales son energías limpias no contaminantes, y consideradas teóricamente inagotables, debido a su medios de generación natural como es el sol, el viento con tiempos de vida con interminables años. Además, considerando los cambios climáticos y la escasez de recursos para generar energía eléctrica, los mismos que han sido explotados a lo largo de años, incluso dirigiéndolos a la extinción y encarecimiento en un futuro cercano.

Actualmente el uso de energías renovables evidentemente nos permite obtener ahorros de recursos económicos y desgaste humano, además de preservar el medio ambiente y beneficios para la sociedad. Hoy en día países grandes a nivel mundial promueven la inversión, en el Ecuador existe bastante interés en el sector residencial, comercial e industrial con Normativas y Regulaciones emitidas por el ente de control que están enfocadas en beneficio

del desarrollo y la productividad con las aplicaciones de estas generaciones renovables.

El presente proyecto busca establecer una perspectiva beneficiosa del sistema solar fotovoltaico mediante el análisis, estudio, diseño y formulación para el cálculo y selectividad de los equipos a ser instalados con sistemas de lo más eficientes y capaces de optimizar los recursos energéticos, además de aportar con generación eléctrica sustentable y entregar a la red eléctrica convencional existente lo que representa disminuir generación convencional de la empresa distribuidora, esto nos permitirá obtener un suministro eléctrico de óptima calidad, confiable y continuo. En nuestro país Ecuador debido a su localización geográfica, se convierte en uno de los países que presenta mayor diversidad climática, debido además que en el Ecuador pasa la línea ecuatorial, la importante cordillera de los Andes convirtiéndolo confiable y asequible para la implementación de fuentes renovables.

1.2. Descripción de la situación problemática.

La electricidad está en la base del desarrollo, es la fuente que mueve todo, sirve para poner en funcionamiento los artefactos eléctricos del hogar, el comercio, las maquinarias de las industrias y el alumbrado de la ciudad, su utilización adecuada y eficaz, así como el uso responsable de la energía son esenciales para el sostén de un país, es por ello que constituye un factor fundamental para el desarrollo y crecimiento económico.

El presente proyecto de investigación y estudio busca diseñar una red fotovoltaica interconectada a la red convencional pública con el objetivo de disminuir la generación convencional existente en el área administrativa de la facultad técnica para el desarrollo de la Universidad católica Santiago de Guayaquil, cuyo consumo eléctrico promedio corresponde a 4.461 kWh-mes y una potencia instalada de 26,7 kW de potencia. El proyecto de estudio abarca una perspectiva técnica - económica basada en los principios elementales que contiene una red fotovoltaica bajo las normativas y disposiciones de las resoluciones Nro. 013/2021 y regulación Nro. 001/2021 (ARCERNR, 2021) asociada a la resolución Nro. ARCONEL 042/18 y regulación Nro. ARCONEL 003/18, entre otras. Se considera demostrar la rentabilidad del proyecto

mediante un análisis financiero en función de la vida útil del sistema de generación fotovoltaica.

Se efectuó un levantamiento de la información con el objetivo de elaborar el listado principal de los componentes necesarios para poder elaborar y formular las capacidades y selectividad del equipamiento, así como establecer casi en tiempo real los datos meteorológicos aportados por el Atlas solar considerando un comportamiento diario y una cantidad de irradiación horizontal global de 4,487 kW/m²/día

1.3. Formulación del problema

En los momentos actuales el Ecuador se encuentra implementando proyectos de energías renovables no convencionales como nuevas fuentes de generación, esto basado y fundamentado en la disminución de recursos derivados del petróleo, gas entre otros; por el crecimiento de la demanda (potencia) eléctrica y el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles de forma total o parcial para obtener una reducción de la generación convencional, por ello la necesidad de implementar un sistema fotovoltaico para el área administrativa de la facultad.

¿De qué manera el diseño de un sistema solar fotovoltaico configurado a la red eléctrica convencional incide o influyen con el beneficio y con el aporte de generación eléctrica?

Para esto tenemos de manera relevante varias interrogantes que aportan de manera significativa a la formulación de la temática, las cuales se las describe a continuación:

- a.- ¿Por qué es importante implementar estos sistemas fotovoltaicos?
- b.- ¿A quiénes deberían implementar estos sistemas fotovoltaicos?
- c.- ¿Dónde deberían implementar estos sistemas fotovoltaicos?
- d.- ¿Cuándo deberían implementar estos sistemas fotovoltaicos?
- e.- ¿Cómo facturan los consumos energéticos las distribuidoras con generación convencional vs la generación renovable?

f.- ¿Qué tipo de generación poseen actualmente los residenciales, comerciales e industriales?

g.- ¿Cuáles son las causas porque es necesario implementar estos sistemas fotovoltaicos?

h.- ¿Que significa tener instalado estos sistemas fotovoltaicos?

i.- ¿Por qué es importante reducir la generación eléctrica convencional?

j.- ¿Cómo deben ser instaladas y controladas su funcionamiento estos sistemas fotovoltaicos?

1.4. Justificación e importancia del problema.

Se justifica plenamente esta propuesta porque durante esta investigación se realiza un estudio basado en un análisis integral, que nos permite diseñar una implementación integral de un sistema fotovoltaico, en el Ecuador ya se han implementado proyectos fotovoltaicos con aplicaciones autónomas y con conexiones a red eléctrica lo cual involucra muchos aspectos como calidad, rendimiento, robustez, confiabilidad, seguridad y continuidad del fluido eléctrico.

Una vez ejecutada esta implementación, se obtendrán los beneficios de esta tecnología renovable, mejorar la calidad de vida y del Buen Vivir, la seguridad de las personas y de los equipos eléctricos instalados; hay que considerar que en esta implementación de estos sistemas conlleva a un mantenimiento preventivo y correctivo, además de un importante costo económico que está asociado a su beneficio y rentabilidad en el tiempo.

1.5. Delimitación del problema.

Campo: Privado.

Área: Administrativa.

Aspecto: Implementación de un sistema fotovoltaico.

Tema: Diseño de un sistema solar fotovoltaico configurado a la red eléctrica para el área administrativa de la facultad Técnica de la universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Delimitación Espacial: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Delimitación Temporal: enero a diciembre de 2022, respectivamente.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Diseñar una instalación técnica de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red por medio de un estudio y análisis de la potencia eléctrica, e implementar un modelo integral de facturación energética para el área administrativa de la Facultad Técnica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.6.2. Objetivos específicos.

Enfocados específicamente para el área administrativa de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, tenemos los siguientes.

- Diagnosticar y analizar las características del sector, tanto climatológica como de implementación física en el sitio.
- Describir el estado del arte, las bases científicas y fundamentación teórica de los sistemas fotovoltaicos.
- Diseñar y establecer la cantidad y tipo de equipamiento a implementar en la red fotovoltaica.
- Determinar y cuantificar los costos económicos por la implementación del sistema fotovoltaico (presupuesto).
- Calcular la potencia eléctrica y la proyección del consumo de energía mensual y anual.
- Formular y elaborar un modelo integral de facturación energética similar al de una empresa distribuidora basado en el análisis de los consumos y el uso de la energía.
- Proyectar los beneficios de la implementación del sistema fotovoltaico propuesto.

1.7. Hipótesis

Los sistemas de redes fotovoltaicas son soluciones sostenibles que permiten disminuir la generación de energía convencional ofreciendo ventajas y beneficios a mediano y largo plazo, constituyéndose en un sistema fiable, con generación de energía limpia, y mitigación de impactos ambientales, además nos permite obtener una medición y/o registro eléctrico con una facturación confiable que nos permite brindar un suministro eléctrico de óptima calidad, la cual representa una alternativa de distribución de energía para satisfacer la demanda de energía.

1.8. Aporte teórico.

El diseño y estudio propuesto contiene una tecnología en auge y altamente adaptable construida con una arquitectura de equipamiento, flexible, amigable y lista para ser utilizada en la red eléctrica ya sea de manera autónoma o con interconexión a la red eléctrica existente, fundamentadas en características como: a) Versatilidad en su generación de energía; b) adaptabilidad a las necesidades energéticas; c) Aplicaciones relacionadas con la red pública; d) Uso tecnológico en extensión en una sociedad tecnológicamente avanzada; e) Se determinan las formulaciones para calcular el dimensionamiento y capacidades de equipos a utilizar; f) Estas tecnologías involucran cálculos y diseños en función de las necesidades de su demanda y consumos eléctricos, respectivamente.

Por otro lado se hace referencia a una matriz energética de fácil integración e interconexión al suministro de electricidad, el tipo de energía entregada permite un impacto positivo coadyuvante al medio ambiente.

1.9. Aporte y aplicación práctica.

Los sistemas de energía solar conformados por paneles solares en la actualidad nos permiten: a) establecer un procedimiento basado en normativas constituidas por una plataforma regulatoria vinculadas a leyes y convenciones, así como de consideraciones técnicas eléctricas y de seguridad, que logra de forma simple y versátil determinar su implementación y aplicación con propósitos de usos eficientes y confiables, lo cual permite integrarse a los hogares, comercio

e industria, obteniendo buenos éxitos y resultados comprobados en el sector energético; b) Se determinan las capacidades y características técnicas de trabajo de los equipos a utilizar; c) Aplicación de conocimientos adquiridos con la implementación; d) Brindar el conocimiento y aprendizaje.

1.10. Metodología de la investigación.

La palabra método se deriva del griego meta: hacia, a lo largo, y odos que significa camino, por lo que podemos deducir que método significa el camino más adecuado para lograr un fin. El método es el conjunto de procedimientos lógicos a través de los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba la hipótesis y los instrumentos de trabajos investigados.

Toda investigación efectuada en escenarios científicamente aceptables utiliza métodos experimentales, el éxito de los estudios experimentales depende de que los investigadores confirmen que el cambio en una variable se fundamenta únicamente en la manipulación de la variable constante. La investigación debe establecer una causa y unos efectos significativos, en la presente investigación se conjugan diferentes razones, causas y acciones que determinan varios métodos de investigación basados en la naturaleza y tipo de estudio del presente trabajo investigativo.

Se considera también que la investigación corresponde al tipo descriptivo debido a que está proyectada a la adaptación con tecnologías de progreso para la generación de energías renovables considerada como una alternativa de reemplazo, más eficiente y ventajoso ante el sistema eléctrico convencional existente, por lo que su incorporación de esta generación No convencional o alternativa presenta aportes y beneficios convirtiéndose metodologías de tipos cualitativo y cuantitativo, respectivamente.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estudio del Arte.

La energía es una magnitud física la cual la asociamos con la capacidad que tienen los cuerpos para producir un trabajo mecánico, ya sea de emitir luz, generar calor, etc., esta energía puede manifestarse de varias formas como potencial, cinética, nuclear, química, eléctrica, magnética, radiante, gravitacional, etc., respetando siempre el principio de la conservación de la energía, aunque se transforme entre sí.

Las energías renovables en el transcurso de los años han originado aportaciones relevantes beneficiosas, la cual ha permitido la reducción del uso de combustibles fósiles y por ende la disminución de la quema de los mismos, y la emisión de los gases de efecto invernadero e incidencia en la problemática ambiental que afectan de forma indirecta o directa al escenario natural donde se desarrollan las actividades y el mundo en sí. La energía eléctrica necesariamente es uno de los recursos más indispensables en el desarrollo sostenible y requerido, debido a lo cual necesita fuentes energéticas de otros tipos que puedan satisfacer el consumo demandante residencial, comercial e industrial, respectivamente necesario. La implementación de los sistemas solares como obtención de energía alternativa solar para la generación de la energía eléctrica era considerada muy costosa. Desde los años 1970 ha tenido un permanente crecimiento cada vez más eficiente, bondadosa y menos costosa en cuanto a su equipamiento asociadas a implementación también de leyes y reglamentaciones enmarcadas en la seguridad y funcionalidad del sistema. Actualmente los sistemas tecnológicos desarrollados por el hombre originan una gran ventaja aprovechando las bondades que ofrece que son de mucha utilidad.

Mediante análisis y estudios basados en el desarrollo tecnológico de energías renovables con base a indagaciones inherentes a los sistemas solares y el beneficio energético (Chavez, 2012) afirma que los sistemas solares (fotovoltaicos) se proyecta a convertirse en un recurso altamente eficiente y limpio que reemplazará a las existentes de tipo fuentes convencional.

De acuerdo a (Izquierdo, 1990) la energía que tiene a disposición la tierra es proveniente de algunas fuentes importantes como la radiación emitida por el sol de forma directa o indirecta, el cual impactan sobre la tierra originando; a) rayos solares; b) vientos; c) biomasa; d) combustibles fósiles; e) la conformación cósmica de la cual causa energía nuclear; f) la geotermia, g) los movimientos lunares que constituyen una mínima parte de la energía que causa los cambios sobre el nivel del mar.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Los sistemas solares fotovoltaicos durante los avances tecnológicos ha tenido un impacto relevante positivo a nivel mundial (Hidalgo, 2015). Según la International Energy Agency (2014), para el año 2040 se espera que la demanda de energía se incremente en un 60%; asimismo se pronostica que debido a las emisiones de gases de invernadero se alcance al final del siglo un aumento en el calentamiento global entre 1.4 y 5.8 grados centígrados, por lo cual todas las economías y los ecosistemas del mundo sufrirán graves consecuencias de no tomarse las medidas necesarias para mitigar esta problemática (World Bank, 2013).

En el año 2012 la AIE (agencia internacional de energía) mediante la recopilación de información y data obtenidas por el (PVPS) relacionado a la programación de sistemas de potencia fotovoltaica, el cual realizó un informe en el aspecto técnico detallando a los países que instalaron proyectos eléctricos de tipo de generación fotovoltaica en la cual sobresalieron los países como: a) Bélgica; b) Alemania; c) Australia; d) Austria; e) Canadá; f) Dinamarca; g) España; h) Grecia; i) Holanda; j) Hungría; k) Irlanda; l) Italia; m) Nueva Zelanda; n) República de Corea Suecia; ñ) Suiza; o) Turquía; y p) Unión Europea, en la cual la capacidad instalada correspondió a una potencia eléctrica de 28 GW (28.000.000 MW) superando al doble a la generada en el periodo del año 2010 con un total general de 63.6 GW. En los Estados unidos de norte américa, y los países Francia y Japón incrementaron su potencia de generación en un 36%, mientras que en otros países han iniciado a construir y diseñar proyectos importantes con potencias de entre 1 a 5 GW por año (EIA, 2014), tal como se lo muestra en la figura siguiente:

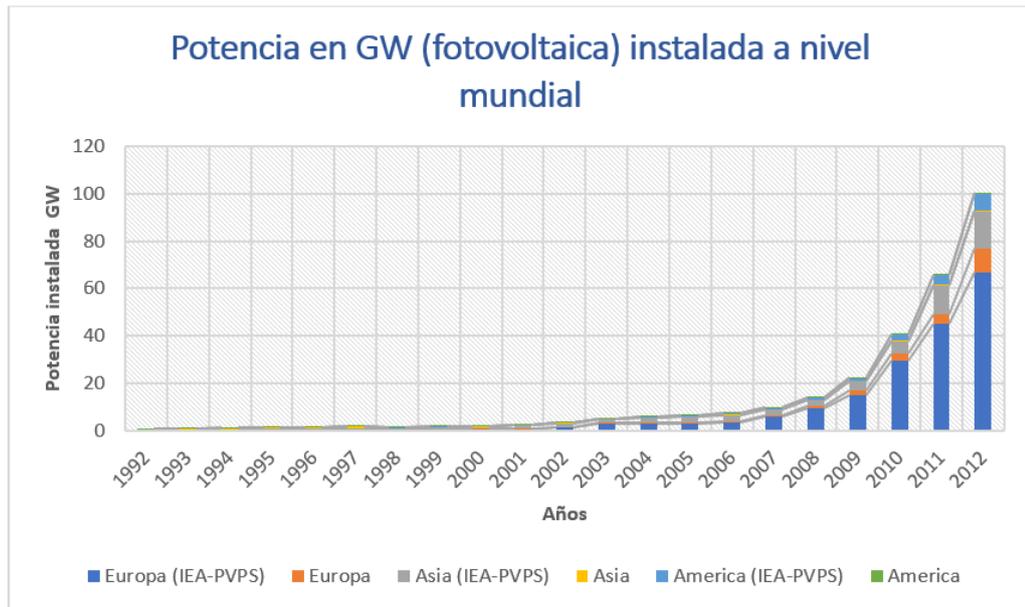


Figura 2.1. Potencia fotovoltaica instalada a nivel mundial
Fuente: (IEA) International Energy Agency, 2012

La energía solar fotovoltaica como fuentes renovables en América latina y el caribe, su aplicación en la repartición eléctrica ha tenido un impacto relevante beneficioso para el escenario natural (medio ambiente) y en localidades de difícil acceso, con la ayuda de planes y políticas que promueven la implementación de nuevos y grandes proyectos, para lo cual se considera tener un progreso significativo a largo plazo, es decir como entre doce y quince años, respectivamente logrando posesionarse un importante lugar dentro del mercado de las energías alternativas renovables, ya sean mediante convenios con entidades gubernamentales públicas y privadas, la cual auspician este tipo de proyectos de energías (CAF, 2013), la estimación de la potencia instalada hasta el periodo 2020 se muestra en la siguiente figura:

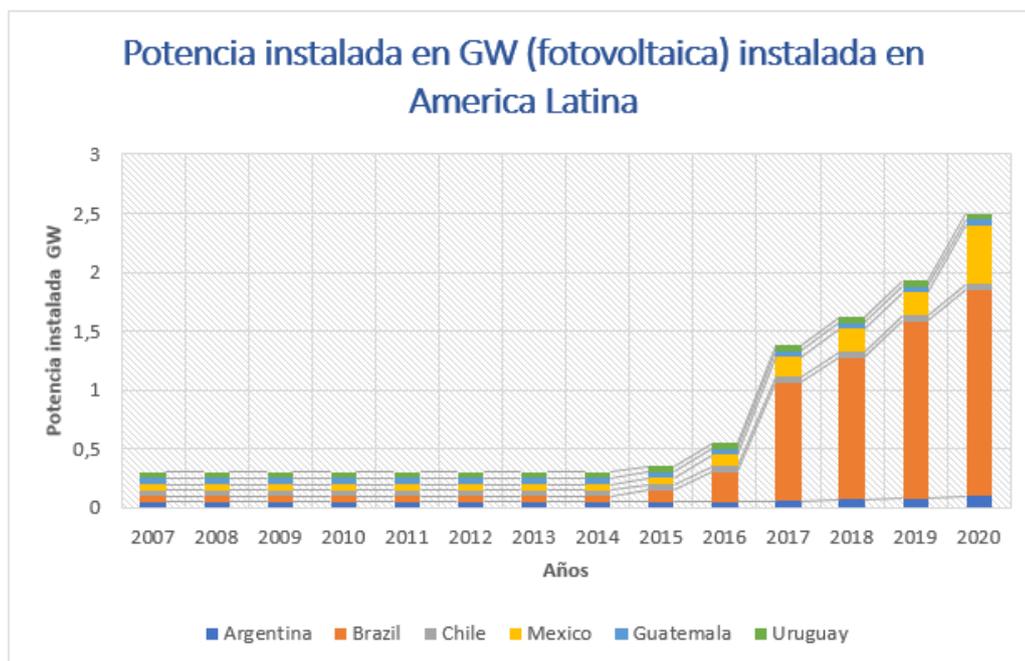


Figura 2.2. Generación distribuida en América Latina
Fuente: (MER) Mercado de energía renovable, 2013

Según la International Energy Agency (2014), la eficiencia media de los módulos fotovoltaicos (FV) de silicio comerciales ha mejorado en los últimos diez años en alrededor de 0.3 % por año, llegando a un valor de 16% en 2013. Los módulos comerciales de mejor desempeño, con base en diferentes tecnologías de fabricación alcanzan eficiencias entre un 19% y 21% (Shallenberg y otros, 2008). Generalmente los módulos FV son garantizados para una vida útil de 25 años, como mínimo, trabajando en el 80% de su potencia nominal, a veces durante 30 años en el 70% de su potencia nominal. Desde el 2010, en el mundo se ha adicionado más capacidad en energía FV que en las cuatro décadas anteriores. Los nuevos sistemas fueron instalados en 2013 a un ritmo de 100 MW de capacidad por día. A inicios del año 2014 la capacidad global superó los 150 GW. Durante el 2016 se agregaron 75GWdc de capacidad solar fotovoltaica a nivel mundial, lo cual equivale a la instalación de más de 31,000 paneles solares por hora.

Se estima que la participación de la energía FV en la producción de la electricidad mundial alcance un 16% en 2050, lo cual representaría un aumento significativo de la meta del 11% en la hoja de ruta de 2010. La generación fotovoltaica contribuiría con un 17% de toda la electricidad limpia, y el 20% de

toda la electricidad renovable. Se espera que China continúe liderando el mercado mundial, lo que representa alrededor del 37% de la capacidad mundial para el año 2050. Para lograr las estadísticas anteriores, se espera que los costos de la electricidad a partir de energía FV en diferentes partes del mundo se reduzcan en un 25% para el 2020, 45% en 2030, y el 65% en 2050; lo que lleva a un rango de 40 a 160 USD/MWh.

Un nuevo informe, publicado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), establece que las energías no renovables son cada vez más rentables; y la inversión para su producción ha ido bajando continuamente durante los últimos diez años, así, por ejemplo, solo en los anteriores doce meses, los costos de energía solar se redujeron en un 16%

2.1.2. Antecedentes nacionales.

En el Ecuador debido a su locación geográfica, el cual constituye un país que contiene una elevada diversidad de recursos naturales (renovables), que han sido utilizados con el objetivo de producir energía limpia y minimizar otros tipos de generación que continúan proporcionando al país energía eléctrica con un elevado coste económico. Debido al crecimiento de las energías renovables, de manera especial en el sector energético, se ha visto impulsado por el aumento en la relación costo-competitividad, lo cual ha permitido en el país los costos sean competitivos con las fuentes de energía convencional existentes. Tal es el caso de las zonas rurales de difícil acceso, las energías renovables están desempeñando un rol exponencial creciente de manera progresiva en el suministro de servicios energéticos esenciales, además para el sector productivo; en gran parte por el reconocimiento creciente de su rentabilidad.

El importante potencial de la fuente solar todavía está inexplorado, según información del Ministerio de Energía, considerando la ubicación geográfica privilegiada de Ecuador, se ha identificado una alta radiación que puede ser aprovechada para la generación de energía eléctrica. La disponibilidad del recurso solar, medido como insolación media global, llega a los 4.575 kilovatios hora por metro cuadrado (Wh/m²/día). Ese nivel es 40% más alto que el promedio de la región. En el país se ha invertido aproximadamente \$50 millones en proyectos fotovoltaicos de pequeña capacidad por parte de la empresa

privada. La inversión en energía fotovoltaica se cuadruplicará en Ecuador hasta 2023.

Los acuerdos internacionales cada vez exigen una mayor responsabilidad con el medio ambiente y es por ello que se está impulsando el uso de tecnologías para la generación de energía limpia y amigable, por lo que en cada nación se generan incentivos económicos y tributarios para motivar su uso, en nuestro país, Ecuador, no es la excepción y se han establecido incentivos económicos y tributarios para quienes hagan uso de estas tecnologías, si bien los beneficios económicos y tributarios expuestos han impulsado al consumo de equipos de energía solar, no se descarta que se propongan nuevos incentivos con el propósito de cumplir con los acuerdos internacionales para la conservación del medioambiente lo cual hará más rentable la inversión en equipos de energía solar. Conozcamos los beneficios económicos y tributarios al instalar equipos de energía solar

BENEFICIOS ECONÓMICOS:

- a) Costo cero en producción de energía eléctrica: para la instalación de los equipos la inversión inicial será el único costo, la misma que será recuperada con el ahorro generado por la producción de energía eléctrica con costo cero. Una vez recuperada la inversión con el ahorro de energía se obtendrán beneficios muy significativos.
- b) Reducción altos rubros de consumo de energía eléctrica: la producción de energía eléctrica con costo cero implica que en horas pico no se incurra en costos por consumo y por ende los valores de la planilla de luz se reducen.
- c) Utilización de energía solar como autoabastecimiento: La ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad) reduce la tarifa mensual a quienes consumen más de 2000 kWhora y generan autoabastecimiento con una “microcentral” de hasta 500 kWh al mes.
- d) Ahorro significativo en el tiempo: El ahorro será significativo en el transcurso del tiempo considerando que los índices macroeconómicos como la inflación tienden a aumentar, asimismo existen otros factores externos que ocasionarían un incremento en las tarifas de energía

eléctrica como por ejemplo eliminación de subsidios, aumento en combustibles que producen energía eléctrica

BENEFICIOS TRIBUTARIOS

- a) Liberación de aranceles: al momento de importar equipos relacionados con la generación de energía eléctrica fotovoltaica, estos estarán libres de aranceles con el fin de abaratar costos lo cual genera mucho interés a medida que se va conociendo este beneficio.
- b) Paneles Solares gravan tarifa 0% del IVA: el consumidor final no se verá afectado en su bolsillo debido a la tarifa del 0% del Impuesto al Valor Agregado que gravan estos productos.
- c) Dedución adicional del 100% en depreciación y amortización de equipos para generación de energía de fuente renovable (solar): se deduce el 100% de forma adicional para la determinación de la base imponible para el cálculo del impuesto a la renta, dando origen a un ahorro significativo en el pago de este impuesto principalmente a las personas jurídicas. Es importante mencionar que este beneficio será válido durante la vida útil de estos equipos.

Con el objetivo de motivar e impulsar nuevos proyectos sustentables de fuentes renovables mediante el convenio ministerial MERNNR-VEER-2021-0008-AM, el ministerio de energía y recursos no renovables con 2200 millones de inversión y con una proyección de hasta el año 2021 para añadir a la red eléctrica una potencia de 1.440 MW para incrementar las fuentes renovables en un 46,53% conformadas por un 34,03% en sistemas solar; un 10,42% en hidroeléctricas; y un 9,03% en plantas de biomasa, esto con el fin de promover: a) centrales Eólicas; b) centrales fotovoltaicas; c) sistemas interconectados a la red; d) plantas de biomasa en el cual se aprovechan los residuos animales y de vegetales (CELEC EP, 2021). Como lo muestra la siguiente figura:

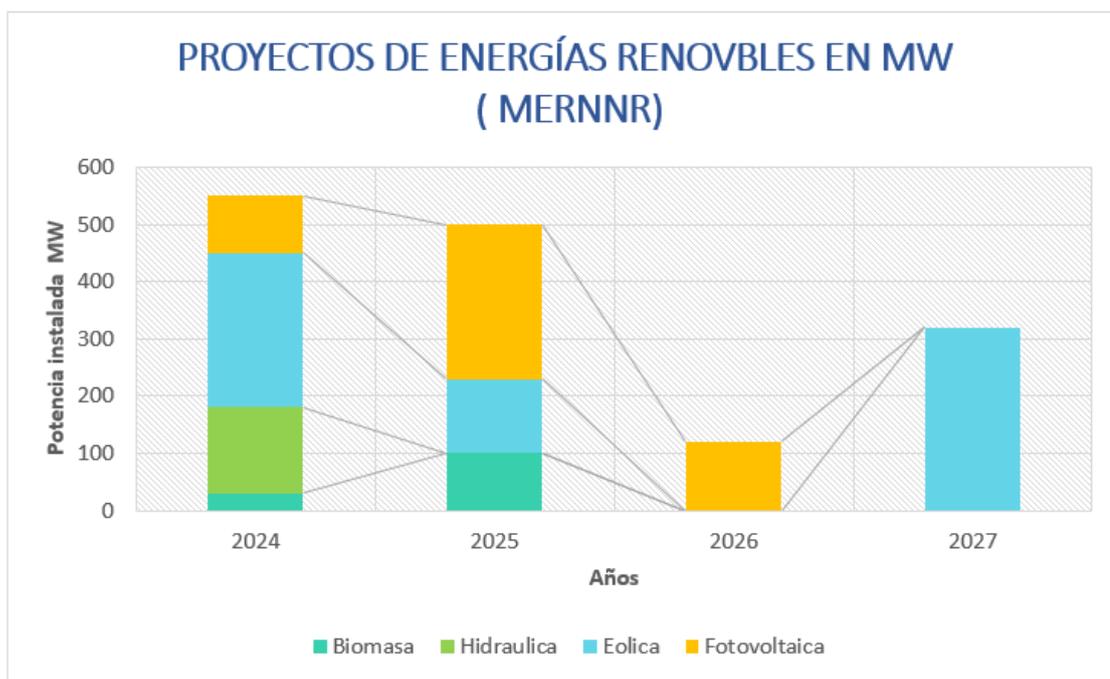


Figura 2.3. Aporte en MW proyecto CNEL EP
Fuente: Dirección de análisis y prospectiva eléctrica, 2018

2.2. Bases científicas y fundamentación teórica de la temática

2.2.1. Energía No Renovable.

Las fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas y una vez terminadas no se pueden reponer como lo son el petróleo, el gas, el carbón, es decir con los combustibles fósiles, el cual causan un elevado impacto ambiental, esto es el resultado de la descomposición de los seres vivos, entre otros organismos por más de 1.000 años (Mogrovejo & Sarmiento, 2017). Se ve limitado debido al incremento de la población humana mundial, debido a que demanda una mayor cantidad de generación de energía eléctrica, por el año 2010 se determinó mediante evaluación que la obtención de combustible fósil en el planeta tierra estaba disminuyendo en un 85% encaminando a la necesidad de encontrar otras fuentes de energía que coadyuven al cuidado del medio ambiente (Mogrovejo & Sarmiento, 2017).

2.2.2. Introducción a las energías renovables.

La electricidad es una de las formas de energía más versátiles y que mejor se acoplan a las diversas necesidades, debido al considerable y necesario uso

de la energía ha propiciado la búsqueda de nuevas fuentes y nuevos sistemas de producción o generación eléctrica basados, fundamentalmente, en el uso y aplicación de energías renovables. Se describe como energías renovables a aquellas fuentes energéticas fundamentadas en el uso del sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal, entre otros recursos naturales capaces de renovarse ilimitadamente e inagotables, la cual producen energía eléctrica útil para el hombre, y se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles. El desarrollo y aplicación renovable busca mitigar la emisión de los gases de efecto invernadero que son dañinos y perjudicial para el medio ambiente y de manera general el ecosistema, siendo necesario el desarrollo de tecnologías y equipos para aprovechar las fuentes naturales en relación a la preservación de los recursos como la vida animal y vegetal, respectivamente (Gonzales, 2009).

Las fuentes de energéticas renovables en su gran mayoría son aquellas que provienen de manera directa o indirecta de la luz solar y del calor emitidos por la radiación solar (Santamarta, 2004). Los diferentes tipos de energía originarios de recursos naturales son: a) eólicas; b) solar; c) hidráulica o hidroeléctrica; d) geotérmicas; e) maremotriz; f) biomasa; y g) biogás, tal como se muestra en las siguientes figuras:



Figura 2.4. Tipos de energía renovables
Fuente: Autor

2.3. Sistema solar.

El sistema solar es el conformado por un sistema planetario ubicado en la galaxia, el cual asocia o liga gravitacionalmente a un conjunto de objetos

astronómicos como planetas, asteroides, cometas que giran en una órbita alrededor del sol quien es una inmensa masa de energía, en la cual permanentemente se producen procesos fusión nuclear, con temperaturas superiores a los 15 millones de grados Celsius. Se considera que la existencia del sol tuvo su origen en aproximadamente hace unos 4.650 millones de años y que se extinguirá posiblemente dentro de 5000 millones de años.

La conformación de la masa contiene un 71% de hidrogeno, un 27% átomos de helio y un 2% de otros elementos pesados de mucha importancia. El 99% los reúne el sol en cuanto al total de la masa del sistema solar. La transformación de la masa, así como la liberación de la gran energía origina la radiación electromagnética la cual se propaga en forma de onda por el sistema solar (Fabio, 2016), tal como se muestra en las siguientes figuras:

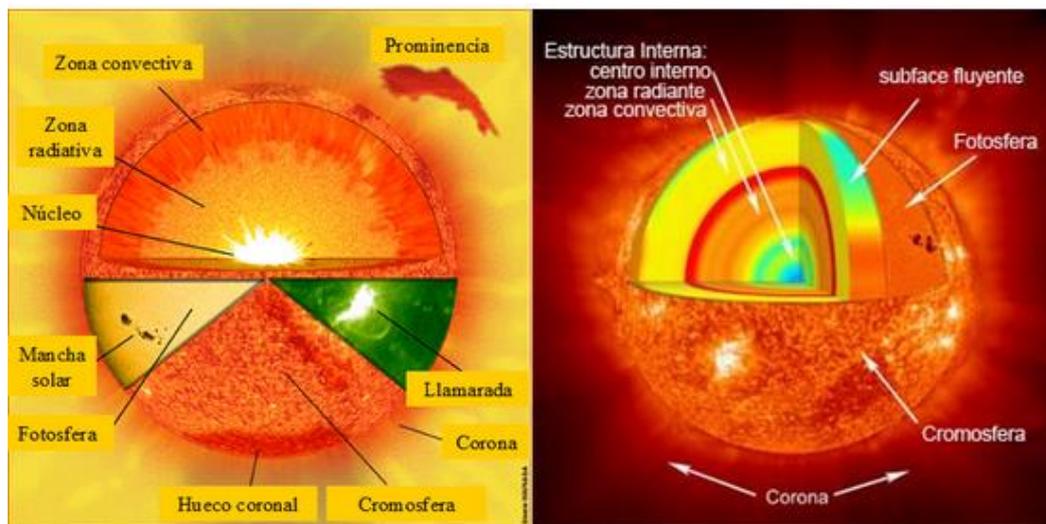


Figura 2.5. Composición del sol y sus etapas
Fuente: Globos terráqueos, 2010



Figura 2.6. Sistema solar
Fuente: Globos terráqueos, 2010

2.3.1. Energía Solar.

La energía causada por el astro sol permite originar otro tipo de energías consideradas importantes como de segundo orden, la cual se originan por la interacción directa e indirecta de la radiación producida por el astro sol, que se encuentra en permanente contacto con la tierra, y se propagada de forma directa, el cual causa dos efectos denominados como: a) efecto térmico; y b) efecto fotónico. El denominado efecto térmico es el que permite utilizar la radiación solar con base en su temperatura para producir la solar térmica; y el efecto fotónico es aquel que causa la energía solar fotovoltaica y biomasa por la filtración de fotones de rayos de luz.

Esta radiación solar inclusive cuando atraviesa las respectivas capas ubicadas en la atmosfera e hidrósfera una porción de las ondas es absorbida por los gases de las capas que causan las variantes climáticas, así como; a) la dirección del viento; y b) el movimiento de las mareas, todo este desarrollo es considerado como energía no directa, y el aprovechamiento de estos fenómenos climáticos permite el origen de; a) energía eólica; b) mareomotriz; y c) undimotriz, respectivamente (Sanchez, 2011).



Figura 2.6.1. Energía solar
Fuente: Globos terráqueos, 2010

2.3.2. Radiación solar

Es aquella energía la cual es causada por el sol, el cual se propaga por el espacio en algunas direcciones a través de las ondas electromagnéticas que son originadas por los permanentes desarrollos de la fusión nuclear causando reacciones en el núcleo, las mismas que son emitidas por la superficie solar.

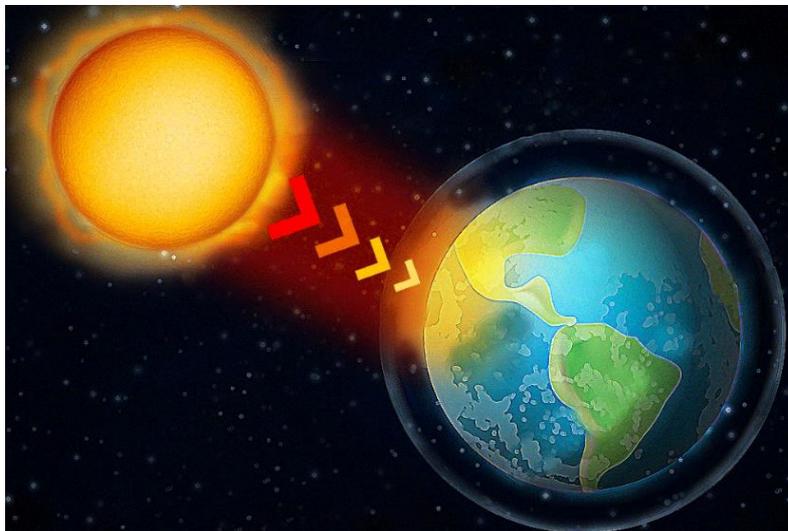


Figura 2.7. Radiación solar
Fuente: Chopra (1981)

De acuerdo a (Vazques, 2014) la energía radiante que emite el sol llegaría al planeta tierra en un intervalo de tiempo de unos ocho minutos y a una alejamiento de aproximadamente 149.59 millones de km. Es importante indicar que no toda la radiación solar incide por a la superficie de la tierra la cual está

conformada por capas concéntricas las cuales corresponden al denominado núcleo, así como el manto y la conocida corteza, entre estas capas existe el gradiente térmico que en unión con la atmósfera causan que las ondas de corto alcance sean absorbidas por los gases que se presentan la atmosfera en cada una de las diferentes capas, por lo que la radiación solar se clasifica en: a) radiación directa; b) radiación difusa; y c) la radiación global. Según (Lopez, 2014), la radiación solar es propagada y sustraída en absorción por los elementos que constituyen fracción de la atmosfera, siendo conocidos como: CO₂, O₂, H₂O, O₃, N₂ y otras partículas más con distancias de onda que pueden atenuarse desde los 0,29 hasta 2,5nm, respectivamente. La distribución espectral de la denominada irradiancia directa ubicada en la atmosfera terrestre se muestra la siguiente figura:

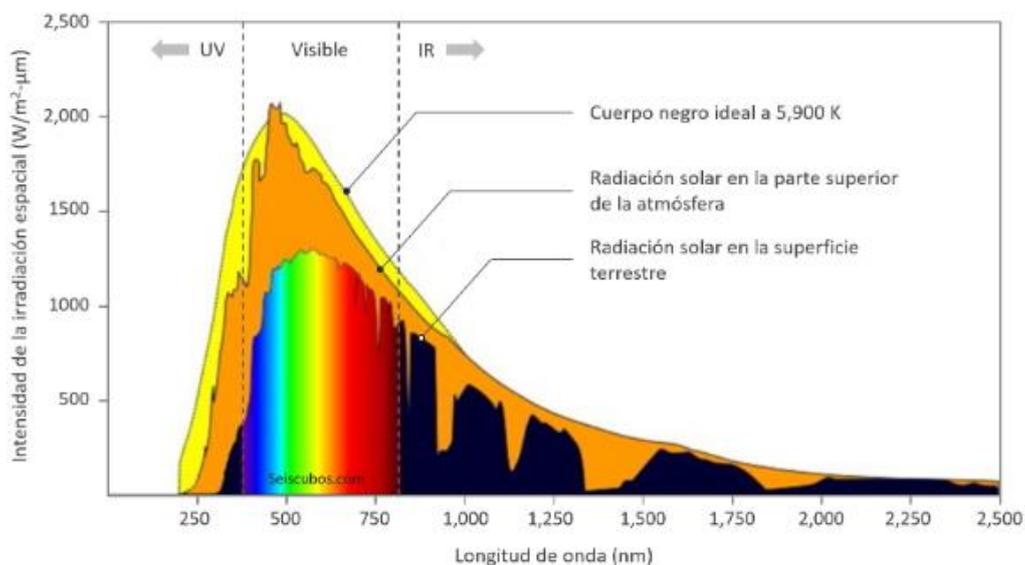


Figura 2.8. Distribución espectral de la irradiancia directa en la atmósfera terrestre
Fuente: Chopra (1981)

En la figura 2.8 se detalla el comportamiento de la distribución solar limpia de componentes dañinos como son los denominados aerosoles o contaminantes.

2.3.3. Horas solares pico.

Denominada como la captura de la energía en forma de radiación que los paneles solares pueden absorber y suministrar electricidad, la cual es aprovechable para los sistemas de consumo eléctrico en el período de un año. Se la describe Hora Solar Pico (HSP) y entre estas horas son consideradas la radiación directa, así como la difusa mediante intervalos máximos y mínimos la cual son evaluados mediante la denominada curva de irradiancia. El periodo horario de las HSP (desde 8 a 16) y en el rectángulo corresponde a las horas de máximo aprovechamiento (1000 W/m^2), tal como se muestra la siguiente figura:

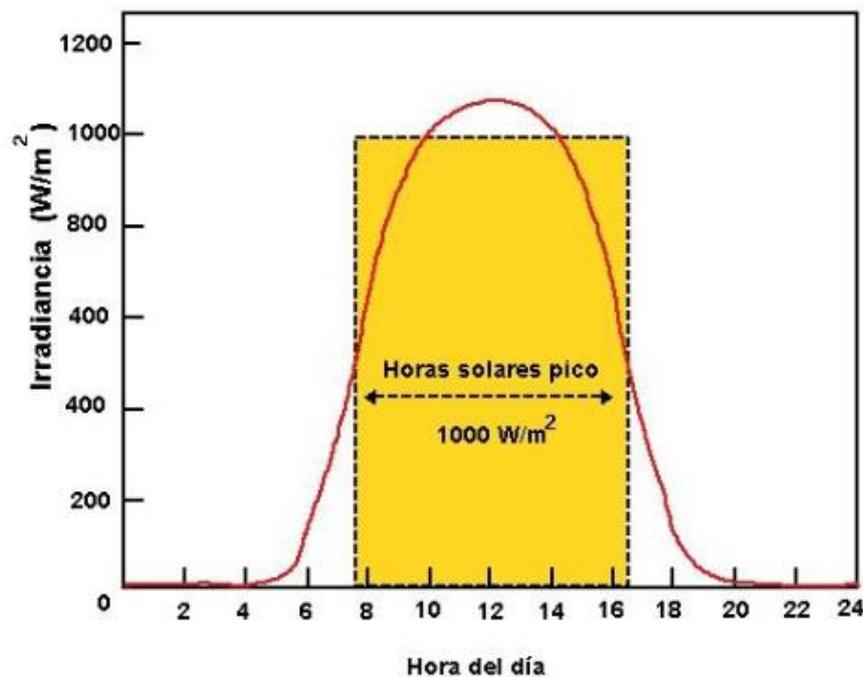


Figura 2.9. Hora solar pico
Fuente: IDEC, 2018

La figura 2.9 se aprecia un rectángulo de color amarillo, la cual corresponde al pico máximo aprovechable de la radiación solar para el consumo con una cantidad de irradiancia de 1000 W/m^2 , el cual es un valor promedio que varía según los datos registrados por los satélites, nos expresa el valor óptimo en la cual, los paneles solares operan a su máxima capacidad en intervalos de

horarios de tiempo desde las 13:00 horas hasta las 18:00 horas, respectivamente.

2.3.4. Constante solar.

Corresponde al flujo de energía emitida en forma de radiación solar, la cual es proveniente del sol, e incide sobre una superficie perpendicular obtenida de la parte exterior de la atmosfera terrestre. La cantidad registrado en las mediciones por los satélites es 1367 W/m² (irradiancia solar), siendo esta unidad de medida el valor de la potencia luminosa que influye sobre una superficie en m² (Arroyo, 2013).

2.4. Sistema solar fotovoltaico.

Corresponde a una integración de componentes o elementos eléctricos y electrónicos, que mediante un sistema de interconexión produce energía eléctrica por medio de la radiación solar la cual es emitida por el sol. El desarrollo de conversión de la energía es principalmente en los módulos fotovoltaicos de acuerdo a su diseño de fabricación, que son los que absorben la radiación solar emitida en forma de ondas electromagnéticas y estos por medio de constitución de células que de igual manera con base en su diseño son capaces de absorber la radiación, estas células excitan a los denominados electrones del dispositivo semiconductor constituyendo una diferencia de potencial entre las placas (Perpiñan, 2013), en la siguiente figura se muestra los componentes de una instalación fotovoltaica.

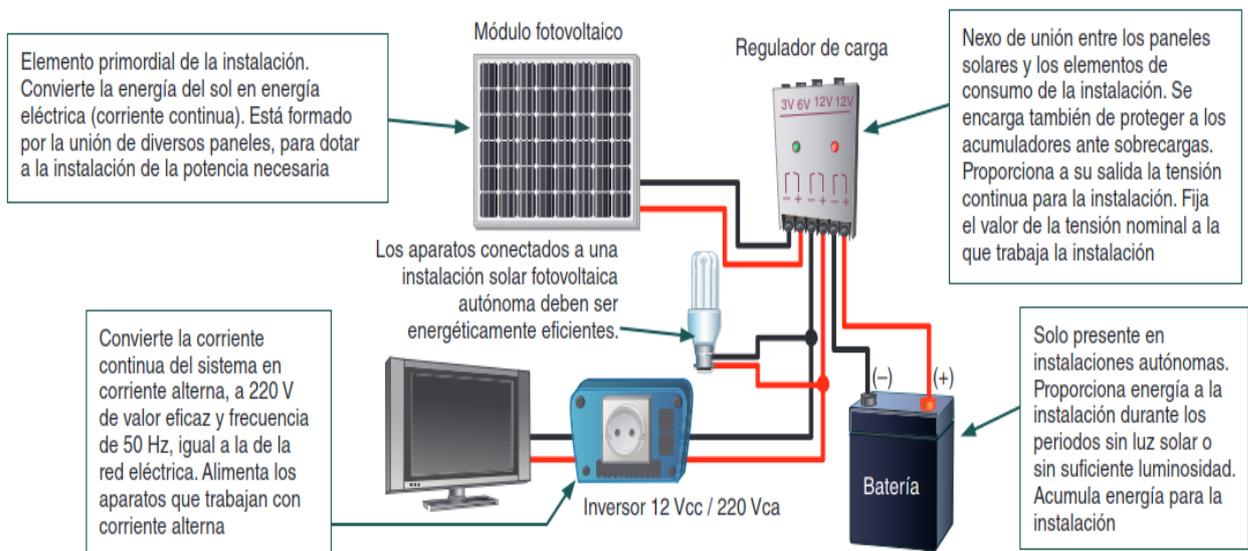


Figura 2.10. Elementos de una instalación solar fotovoltaica
Fuente: <https://espirituracer.com/reportajes/el-coche-solar>

2.4.1. Célula fotovoltaica.

La denominada célula fotovoltaica corresponde a un material de tipo semiconductor compuesto por silicio cristalino, y debido a sus propiedades conductoras, este material de tipo semiconductor conformado de impurezas este situado entre los elementos conductores y aislantes de gran alta importancia.

En el interior de la lámina del elemento semiconductor compuesto de silicio contiene en su núcleo los denominados protones, neutrones y electrones, respectivamente, que circulan libremente entre las láminas originando una interacción entre ellas, esta circulación de los electrones y en la forma en que se conforman determinan la valencia del átomo y por ende su comportamiento.

El fin es llegar siempre a una configuración estable, donde la valencia está conformada de por lo menos unos 8 electrones compartiendo o dando paso a electrones para permitir llegar a su objetivo, en la siguiente figura se muestra los componentes que conforman una celda fotovoltaica:

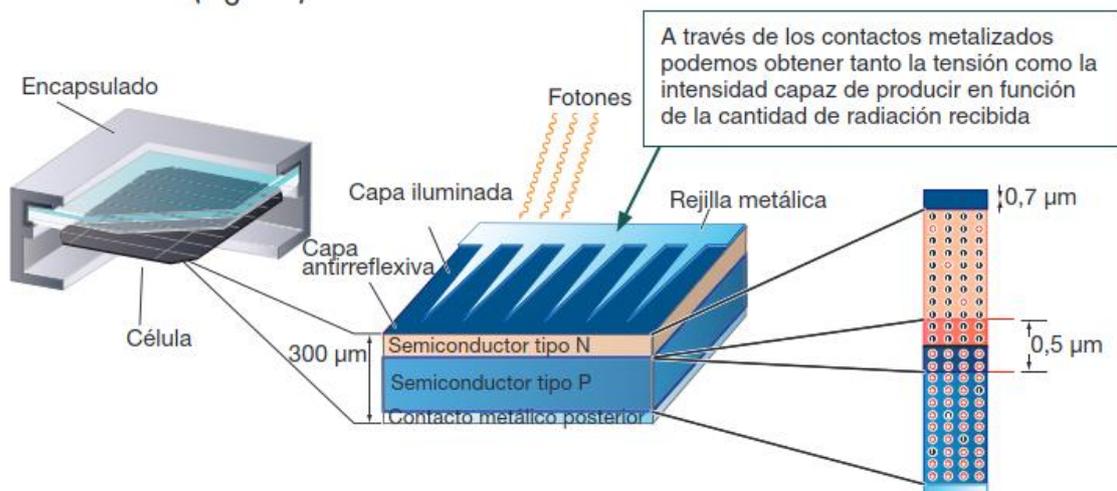


Figura 2.11. Componentes Celda solar fotovoltaica
Fuente: <https://espirituracer.com/reportajes/el-coche-solar>

2.4.2. Unión P-N

La configuración tipo P – N corresponde a una combinación que es el insumo como elemento material extrínseco de tipo **N** (impurezas), en este tipo de configuración siempre sobrarán 1 átomo de electrón por cada átomo de impureza, el cual puede ser de elemento como el arsénico, antimonio, fósforo, respectivamente, estos electrones libres son los causantes y responsables del movimiento libre de electrones para el origen de la electricidad.

El material extrínseco de configuración **P** en la cual, mediante la adición de partículas de otros elementos componentes como: el aluminio, boro, galio solamente pueden formar 3 enlaces por cada átomo de impureza, esto añadido en la configuración correspondiente, entre los portadores mayoritarios se los conocen como Huecos quienes tienen carga positiva.

Con esta configuración de tipo **P-N** se produce un acontecimiento de intercambio entre portadores con paso de electrones por el semiconductor de tipo P y el de huecos por el semiconductor tipo N, la celda solar absorbe la radiación, siendo una parte de esta radiación la que estimula el intercambio de portadores originando la energía eléctrica continua mediante el denominado efecto fotovoltaico. La distribución de las placas de un material semiconductor, se muestra en las siguientes figuras:

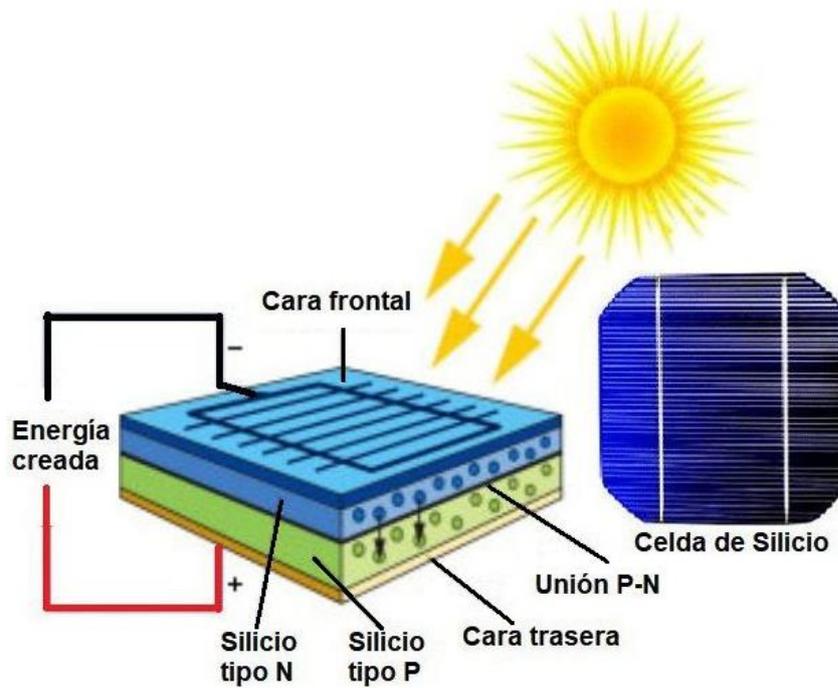


Figura 2.12. Unión semiconductor Tipo N-P
 Fuente: <https://espirituracer.com/reportajes/el-coche-solar>

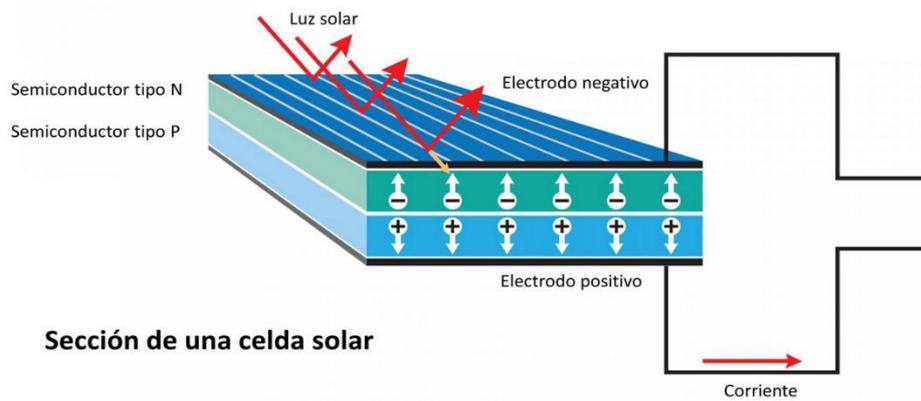


Figura 2.13. Unión semiconductor Tipo N-P
 Fuente: <https://espirituracer.com/reportajes/el-coche-solar>

La energía solar fotovoltaica es una fuente que origina electricidad obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante unas placas a base de Silicio Semiconductor Mono-cristalino o Poli-cristalino denominado célula fotovoltaica.

2.4.3. Efecto fotoeléctrico.

El efecto foto eléctrico conocido como el proceso en que liberan los electrones de un material debido a la incidencia de radiación electromagnética proveniente del sol, en la cual, la energía es captada por los electrones del material, y estos alcanzan un nivel en forma de energía superior. En el año 1888 Heinrich Hertz descubrió que cuando una luz incide sobre ciertas superficies metálicas, éstas emiten electrones, esta emisión cumple una serie de características principales, de la cual tenemos:

1. La emisión de los electrones solo se produce cuando se alcanza una frecuencia mínima denominada frecuencia umbral, por debajo de esa frecuencia, que es característica para cada metal, no se produce emisión de electrones.
2. La velocidad de los electrones emitidos solo depende de la frecuencia de la radiación incidente y no de su intensidad; de ésta frecuencia depende el número de electrones emitidos.
3. No existe un tiempo de retraso entre la radiación incidente y la emisión de electrones.

Los elementos semiconductores se pueden comportar en unos casos como un aislante o como un conductor, esto en función del voltaje / corriente que se aplique en sus extremos y en la capa central (puerta). Esto es útil en este caso para producir el efecto fotoeléctrico, tal como se muestra en la siguiente figura:

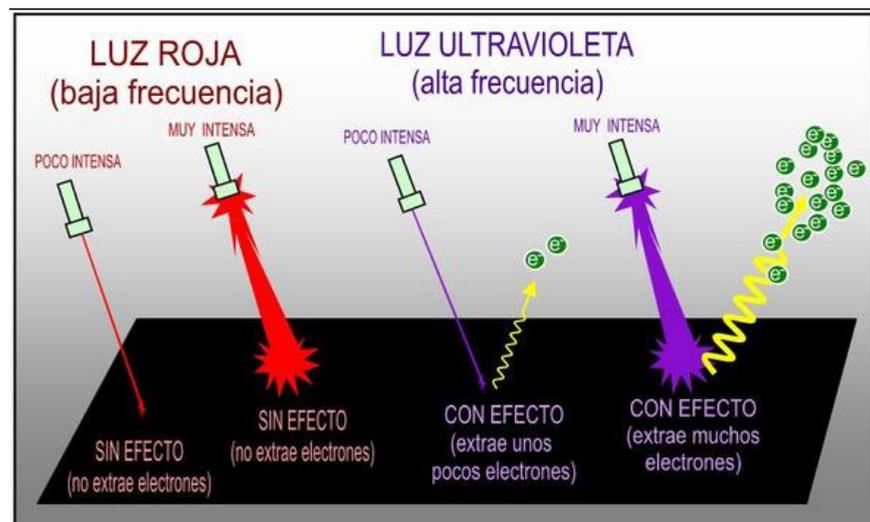


Figura 2.14. Efecto fotoeléctrico (comportamiento del semiconductor)

Fuente: <http://fisicayquimicaaltoguadiato.blogspot.com/2018/10/el-efecto-fotoelectrico-da-el-nobel.htm>

La energía de los denominados fotones no solo depende de la intensidad de la radiación sino también de la longitud de onda que se propaga. Algunos estudios realizados han comprobado que, al reducir la longitud de onda, la energía de los fotones se incrementa (es mayor). Los materiales de tipo semiconductores tienen la energía mínima necesaria para romper el enlace y que aparezca un par (electrón – hueco).

2.4.4. Efecto fotovoltaico.

El denominado efecto fotovoltaico se origina mediante el contacto de 2 placas de diferentes materiales semiconductores de configuración d tipo P-N, por lo que, una de las principales aplicaciones de efecto fotoeléctrico con proceso de la absorción de la radiación en la célula fotovoltaica se forma un flujo de electrones en un constante movimiento, el cual circula libremente entre las placas del material semiconductor, tal como se muestra en la siguiente figura:

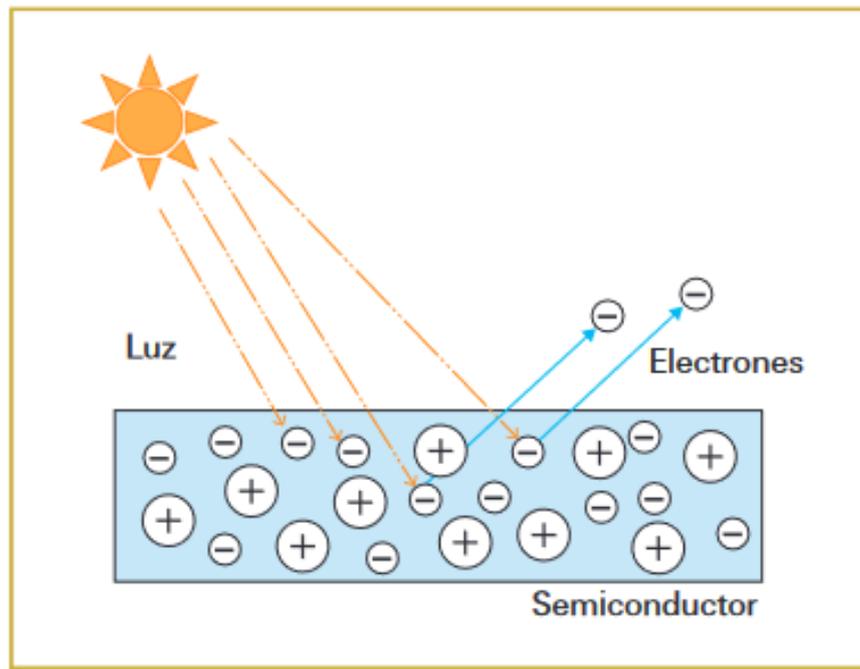


Figura 2.15. Efecto fotoeléctrico (interacción de flujo de electrones en placas)
Fuente: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/X1_71_3_1267_EnergiaSolar

El efecto fotovoltaico solo se origina cuando un fotón que consigue aportar la energía cinética suficiente entre en contacto, una vez penetre el material, con un electrón de valencia del material y genere un par electrón-hueco

De acuerdo al tipo de aplicación de los sistemas fotovoltaicos pueden estar clasificados en: a) sistemas interconectados a la red (Grid connected); b) sistemas autónomos (off Grid), y c) sistemas con aplicaciones de bombeo.

2.5. Componentes del sistema solar fotovoltaico

2.5.1. Módulos fotovoltaicos

Estos módulos corresponden a los dispositivos más importantes encargados que tienen como objetivo absorber la radiación que emite el sol (no constante), esto mediante el denominado efecto fotovoltaico por el material semiconductor y su composición de diseño, el cual es capaz de transformar la irradiancia en una energía sostenible. La energía que es emitida por los módulos es una energía eléctrica continua, es decir no alterna, sin embargo esta energía no oscila si no permanece emitiendo en su salida una corriente eléctrica I_{cc} .

Este dispositivo (módulo) tiene una potencia unitaria, sin embargo, un sistema está constituido por un conjunto de módulos cuyo arreglo puede estar conectado en serie, paralelo o mixto, respectivamente, de acuerdo a sus características técnicas, y a su necesidad del sistema, esto permite incrementar su potencia eléctrica, lo cual configura su V_{sc} o I_{sc} que va relacionado directamente con el controlador MTTP. En las figuras siguientes se muestran la forma o modelo de una estructura de módulos fotovoltaicos, y además diseñados para que soporten altas temperaturas, en sus células se disipa el calor.



Figura 2.16. Estructura de un panel solar fotovoltaico
Fuente: <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/04/19/bluetti-lanza-un-modulo-solar>



Figura 2.17. Estructura de un panel solar fotovoltaico
 Fuente: <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/04/19/bluetti-lanza-un-modulo-solar>

Los diseños de estos módulos fueron configurados y diseñados con prototipos encapsulados, donde se implementaron de manera oportuna protecciones térmicas, y también eléctricas formando un sistema fuerte y robusto. Con el objetivo de conservar el estado de los paneles y la vida útil de entre 20 y 25 años. Se En la siguiente figura se muestran las partes de un panel solar fotovoltaico:

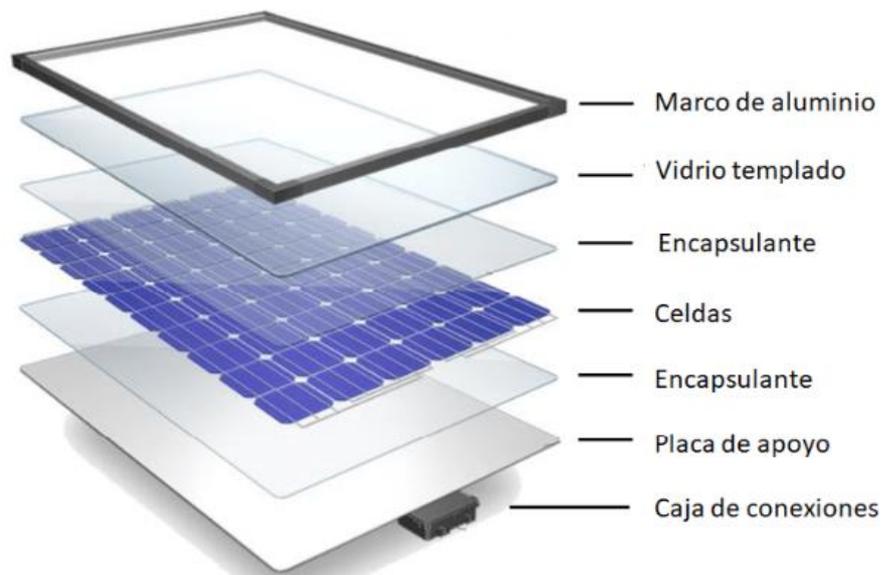


Figura 2.18. Partes de un módulo solar fotovoltaico
 Fuente: <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/04/19/bluetti-lanza-un-modulo-solar>

Cubierta exterior: es el elemento que está compuesto por una principal lámina cristalina con varias propiedades que permite captar al máximo la absorción de la energía solar proveniente del sol.

Encapsulado: es el elemento conformado por un material termoplástico constituido por silicona o EVA (etileno, vinil, acetato) con un grado de refracción similar al vidrio, el cual busca mantener constante el índice de radiación solar.

Protección posterior: Corresponde a una principal lámina conformada por varias capas de materiales que pueden soportar altas temperaturas, originando una protección a todos los elementos internos del módulo fotovoltaico, incluso volviéndolo en un sistema poderoso y robusto contra cualquier agente externo como los atmosféricos.

Marco: Es la parte de la estructura del exterior del panel, la cual se enlaza con los otros elementos constitutivos y a la vez con la protección posterior, está conformado por una capa de aluminio para garantizar que se tenga un sistema resistente a las altas temperaturas.

Diodo de protección: es el elemento principal semiconductor donde su misión inicial es proteger todos los módulos por sobre corrientes causadas debido a la absorción de radiación solar, el cual, además, son empleados mediante un arreglo para obtener una mejor calidad de señal de entrega.

2.5.2. Tipos de módulos fotovoltaicos.

Con base en la conformación que tienen las células solares, y también al material especial primario de diseño como el silicio, en cuanto a mejorar su eficiencia se diseñaron los módulos compuestos como telurio de cadmio, el arseniuro de galio, y el boro, respectivamente, entre otros elementos. La combinación de silicio puro con otros agentes proporciona como resultado los cristales monocristalinos, los policristalinos y los amorfos. Cada combinación con características diferentes por la disposición de átomos (Argoti, 2021).

Estructura monocristalina: Entre sus configuraciones se destaca su eficiencia representando entre 24,7 y 30 %, respectivamente. Su composición estructural está constituida por barras de silicio tipo cristalizadas, cada barra contiene 4 electrones y se caracteriza por su diseño elaborado, cada célula tiene

una forma semi cuadrada y es de color es azul oscuro (Argoti, 2021). Su diseño se muestra en la figura siguiente:



Figura 2.19. Módulo monocristalino.

Fuente: <https://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

Estructura policristalina: la conformación está netamente basada en pequeñas barras de material semiconductor silicio en una forma de microcristales de color azul, se diferencia por en su estructura presenta una textura granulada y con cortes cuadrados, su rendimiento se maneja entre el 19% y el 20%, (Argoti, 2021). Su diseño se muestra en la figura siguiente:



Figura 2.20. Módulo policristalino

Fuente: <https://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

Estructura amorfa: El estado sólido amorfo se refiere a las partículas que conforman el estado sólido de la célula fotovoltaica de silicio amorfo las cuales carecen de una estructura ordenada. Sus formas no están bien definidas debido a la composición de varios elementos, es por eso su nombre amorfo.

Un panel fotovoltaico Amorfo se puede distinguir por su color oscuro uniforme de su composición física, no tiene una figura idónea como las tecnologías anteriores, pero se observa el panel liso o con placas en forma cuadradas de color negro. La eficiencia que está por debajo de un panel Policristalino. No obstante, su proceso de fabricación es más sencillo y más barato, haciéndolo idóneo para instalaciones sin tanta precisión y flexibilidad. Cabe mencionar que el tiempo de vida es menor puede ser desde los 15-25 años.

Como lo habíamos mencionado los módulos fotovoltaicos amorfos son de menor eficiencia y más baratos de producir es por eso que su costo es menor en comparación de las tres tecnologías mencionadas en material fotovoltaico. Otra de sus características del panel amorfo distintivas es su flexibilidad logrando amoldar hasta un panel a cualquier tipo de estructura, claro esto implica a que su capa sea delgada. Si es delgada la capa y flexible tendrá consecuencia en la reducción de eficiencia, estas tecnologías suelen dar un golpe drástico en los primeros meses, después de los cuales básicamente se mantiene estable. Este efecto conlleva a que el tiempo de vida sea menor.



Figura 2.21. Modulo Amorfo

Fuente: <https://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

Ventajas

Las células fotovoltaicas o paneles solares Amorfas son menos costosas.

Su composición las hace más flexibles que la competencia.

Debido a su materia amorfo, le permite a los paneles seguir generando electricidad incluso cuando algunas de las celdas están con nubosidad o alguna otra sombra.

Tienen mayor resistencia al calor que los paneles Monocristalinos y policristalinos.

Desventajas

Su ciclo de vida es más corto

Se degradan más rápido que otras celdas solares

Tienen menor eficiencia

Es más difícil pronosticar su generación de energía promedio

2.5.2.1. Obtención de los valores de voltaje e intensidad de corriente en el panel cuando se está entregando su máxima potencia.

Para obtener una mayor información del fabricante a la hora de diseñar y seleccionar un panel solar, es necesario conocer los parámetros de alta importancia en su uso, en este sentido en la siguiente figura se muestra la obtención de los valores de voltaje y corriente en el panel cuando se está entregando la máxima potencia, es importante considerar y tener cuidado, ya que los valores proporcionados por el fabricante son obtenidos siempre en unas determinadas condiciones de irradiación solar y temperatura ambiente, en la práctica siempre existirá una pequeña desviación sobre los valores teóricos cuando el panel esté colocado en la instalación, en la siguiente figura se muestra la curva de máxima potencia en el panel.

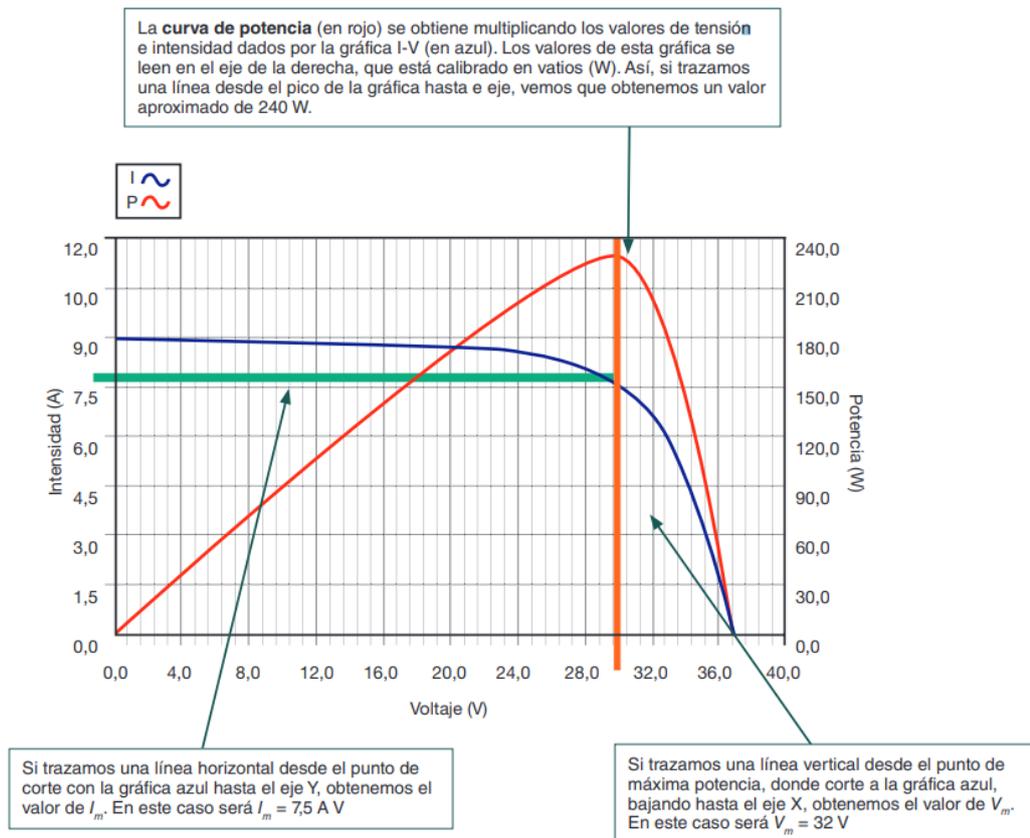


Figura 2.22. Curva de máxima potencia en el panel
Fuente: <https://espirituracer.com/reportajes/el-coche-solar>

2.5.3. Orientación de los módulos fotovoltaicos

En la siguiente figura se presenta la inclinación del sol sobre la superficie con respecto a un plano de forma horizontal, donde podemos observar las coordenadas geográficas y la radiación incidente al módulo fotovoltaico propagada por el sol, en la cual se tienen las siguientes definiciones respecto a la nomenclatura:

θ = ángulo de incidencia solar

β = ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico

z = Azimut solar

α = orientación del azimut del módulo fotovoltaico

h = altura solar

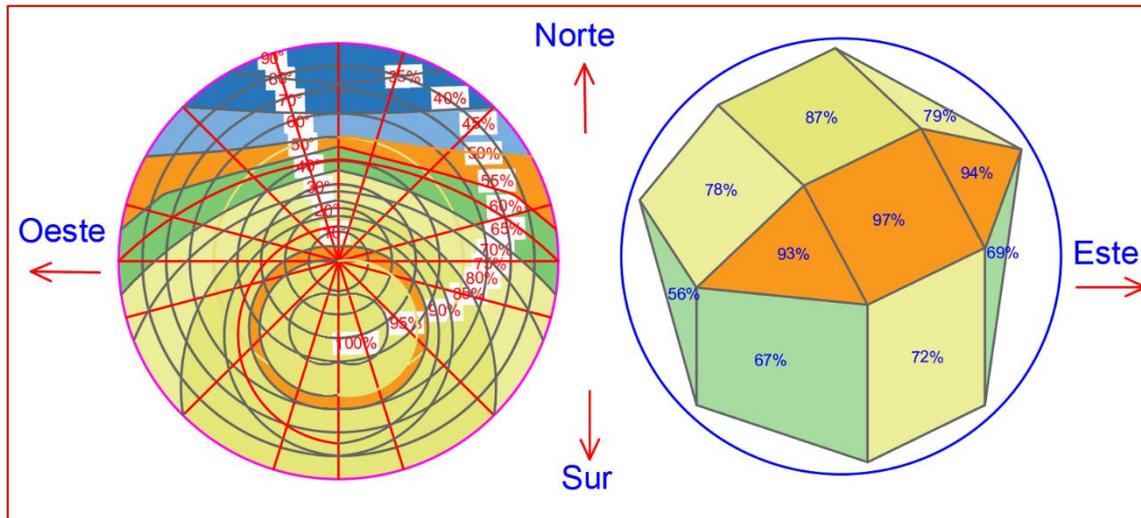


Figura 2.24. Orientación eficiente módulo solar fotovoltaico
Fuente: Autor

Sombras

Es muy importante considerar la relevancia a la incidencia de sombras sobre los módulos fotovoltaicos, debido a que estos pueden ocasionar grandes pérdidas en el arreglo fotovoltaico y en unos casos severos una mala uniformidad entre módulos que puede originar hasta un incendio.

En la estación de invierno, el astro sol se inclina más hacia el sur y las sombras se vuelven más prolongadas, es importante establecer que este concepto no siempre se aplica por la inclinación del astro sol, el área en la cual se instalan los módulos fotovoltaicos y el entorno que lo rodea. En muchas edificaciones el entorno puede originar una sombra que no necesariamente tiene relación con el sentido del sol, debido a lo cual, la correcta inclinación y distancia entre módulos se adaptará de acuerdo al entorno y movimiento del sol (Vazques, 2014).

En las figuras siguientes se puede apreciar que la sombra generada por la incidencia del astro sol en un módulo fotovoltaico, en donde se observa la distancia mínima (d_{\min}) que debe tener entre módulos fotovoltaicos. En el cálculo de la distancia mínima es necesario conocer los siguientes parámetros:

β = ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico

b = largo del módulo fotovoltaico

γ_s = ángulo crítico en el solsticio

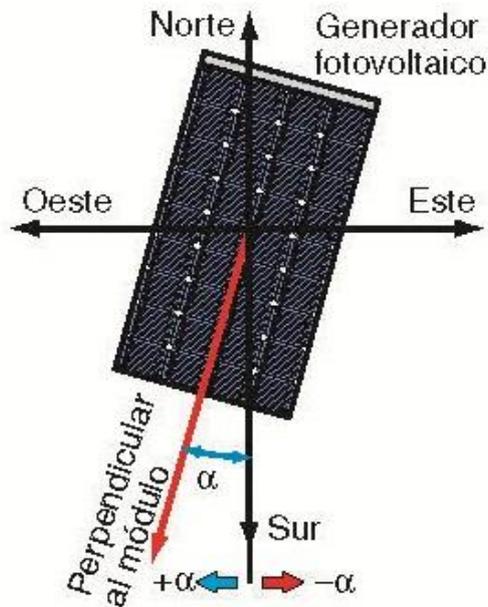


Figura 2.25. Orientación eficiente módulo solar fotovoltaico
Fuente: Solar center, 2015

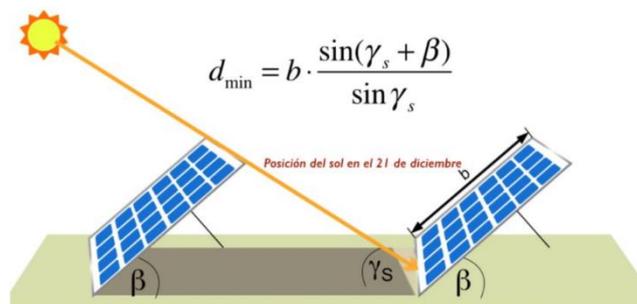


Figura 2.26. Orientación eficiente módulo solar fotovoltaico
Fuente: Solar center, 2015

2.5.4. Tipo de conexiones entre módulos fotovoltaicos.

Conexión serie. - Funciona idéntica que una fuente generadora, resulta en la suma de los voltajes de cada uno de los módulos, mientras que la corriente

sigue siendo la misma o igual que circula entre los elementos. Como podemos verlo en la figura siguiente:

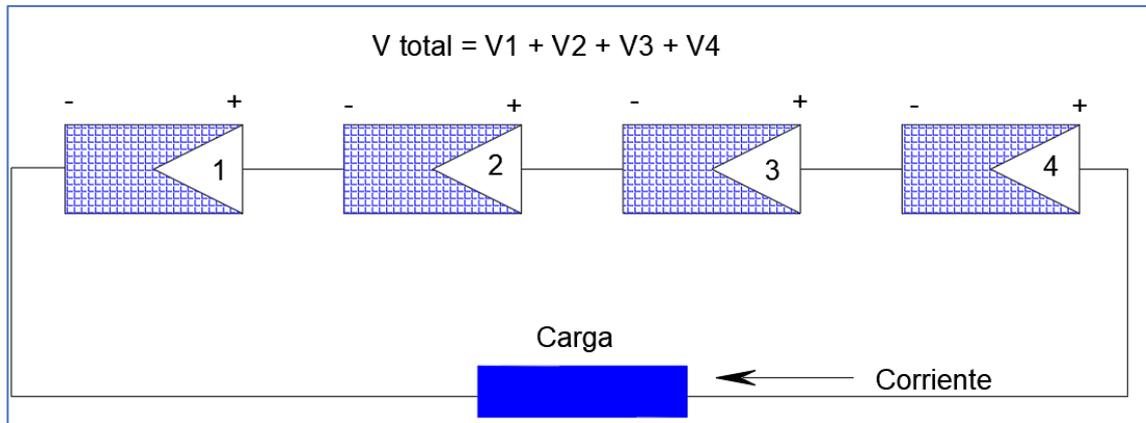


Figura 2.27. Conexión en serie módulos fotovoltaicos
Fuente: Autor.

Conexión paralela. - Nos permite tener los módulos en paralelos y entre sí, debido a lo cual su voltaje será el mismo, pero, sin embargo, por cada uno de los módulos circulará una corriente eléctrica, donde la sumatoria de estas corrientes es conocida como corriente total.

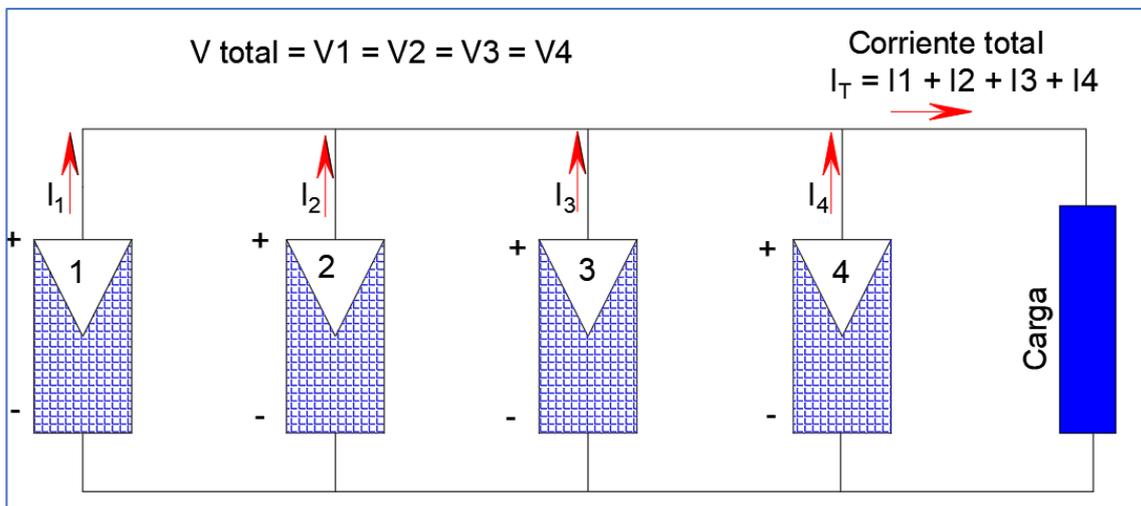


Figura 2.28. Conexión en paralelo módulos fotovoltaicos
Fuente: Autor.

Conexión mixta. - Según el tipo de sistema, se tienen varias condiciones específicas al momento de elaborar un diseño de algún sistema solar fotovoltaico debido a lo cual, de acuerdo al tipo de controlador, inversor y demás elementos

importantes, la configuración de los módulos tendrá que ajustarse al voltaje y corriente eléctrica permisible de estos dispositivos o equipos. Se elaborarán arreglos series y paralelos para lograr obtener valores deseados, tal como lo muestra la siguiente figura 2.29:



Figura 2.29. Conexión en serie - paralelo de paneles solares
Fuente: <https://www.prostarsolar.net/es/conexion-serie-paralelo-de-placas-solares.html>

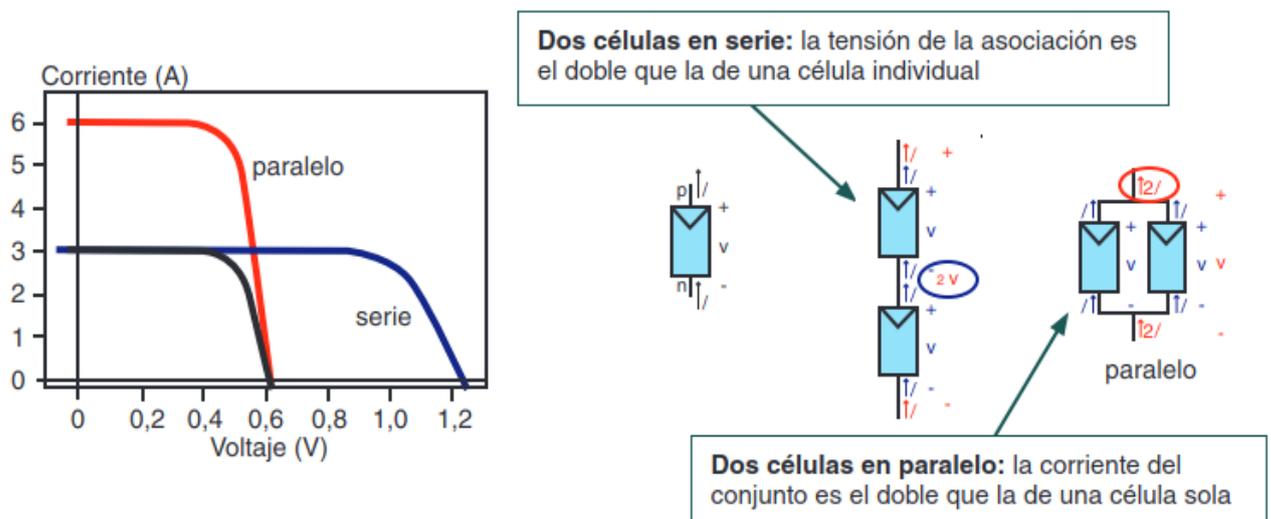


Figura 2.30. Conexión en serie - paralelo de placas solares
Fuente: cairographic.org

2.5.5. Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas.

Estas (ISF) instalaciones solares fotovoltaicas se pueden clasificar de acuerdo a la aplicación para la cual son diseñadas, sobre la base de este contexto se clasifican de acuerdo a su aplicación y condiciones de red en aplicaciones autónomas y en aplicaciones conectadas a la red.

2.5.5.1. Aplicaciones autónomas.

Como su nombre lo indica son independientes, es decir pertenecen a aquellas aplicaciones en las que la instalación genera energía eléctrica sin necesidad de estar en conexión con la red eléctrica pública o cualquier red eléctrica externa, con el objetivo de entregar energía al lugar donde se encuentran ubicadas, en la siguiente figura se muestra la aplicación autónoma:



Figura 2.31. Sistema solar fotovoltaico sin conexión a la red
Fuente: cairographicorg

Dentro de esta aplicación autónoma se tienen las aplicaciones espaciales y las terrestres, respectivamente.

Las Aplicaciones espaciales corresponden a aquellas que proporcionan energía a los equipos o aparatos colocados en el espacio, entre ellas se tienen las estaciones espaciales, satélites, entre otras.

Las Aplicaciones terrestres Son aquellas que en la cual corresponden a los campos como Telecomunicaciones, la electricidad de zonas rurales aisladas, señalización, alumbrado público, bombeo de agua, redes VSAT, Telemetría y otras importantes aplicaciones.

2.5.5.2. Aplicaciones conectadas a la red.

El beneficio es muy ventajoso de este tipo de sistemas es que la energía se produce especialmente para los periodos del año en los que se incrementa la demanda de energía eléctrica, principalmente durante el día, por lo que, la energía generada de esta forma se vuelven de suma importancia, En este tipo de instalaciones se tiene el beneficio que proporcionan las normativas del ente de control para obtener beneficios en el pago de la energía eléctrica, se debe instalara un medidor bidireccional, en la siguiente figura se muestra la instalación conectada a la red.



Figura 2.32. Sistema solar fotovoltaico conectada la red
Fuente: cairographicorg

2.6.1. Tenemos sistema fotovoltaico con conexión a la red simple:

Dado que un panel o conjunto fotovoltaico sólo pueden producir energía de CC, los sistemas fotovoltaicos conectados a la red siempre tienen una conexión a la red eléctrica pública a través de un inversor solar.

2.6.2. Sistema conectado a la red con baterías:

Una instalación solar fotovoltaica a pequeña escala, con baterías de almacenamiento, funciona en tándem con la compañía eléctrica local. La batería satisface los picos de demanda a corto plazo sin extraer energía de la red ni incurrir en gastos adicionales. Las baterías de almacenamiento pueden dividirse en dos tipos cuando se utilizan en sistemas fotovoltaicos conectados a la red:

- almacenamiento a corto plazo durante unas horas o días para cubrir las épocas de mal tiempo.
- almacenamiento a largo plazo durante muchas semanas para compensar las diferencias estacionales de irradiación solar entre los meses de verano y de invierno.

Incorporar baterías a un sistema conectado a la red requiere más componentes, es más costoso y reduce la eficiencia global del sistema. Sin embargo, disponer de algún tipo de almacenamiento de energía de reserva dentro de su sistema conectado a la red puede ser una gran ventaja para muchos hogares de lugares remotos que pierden habitualmente la energía de la red debido al mal tiempo o que tienen necesidades eléctricas vitales que no pueden interrumpirse.

2.6.3. También se tienen Sistema fotovoltaico con almacenamiento en batería conectado a la red:

Una instalación fotovoltaica con almacenamiento en batería es esencialmente el mismo que un sistema fotovoltaico conectado a la red con la adición de baterías y un controlador de carga. El controlador de carga de la batería evalúa si la electricidad de los paneles solares se necesita para el uso doméstico, como el funcionamiento de los electrodomésticos de bajo voltaje y la iluminación, o si se utilizará para cargar las baterías de reserva de ciclo profundo para su uso

posterior. La corriente continua que sale del regulador fluye hacia el inversor de CC a CA, que la convierte en electricidad que puede ser utilizada por los equipos domésticos comunes. Cualquier exceso de electricidad que no se consume o utilice en el hogar puede transmitirse a la red eléctrica de la compañía eléctrica.

Es sumamente importante considerar los conceptos y diferencias entre Celda, módulo, panel y arreglo fotovoltaico, respectivamente.

Celda Solar Fotovoltaica. - La celda fotovoltaica es la unidad más pequeña en voltaje que puede ser construida para producir potencia eléctrica a través del efecto fotovoltaico, es decir es el componente más pequeño y esencial a partir del cual se ensamblan los demás componentes del arreglo fotovoltaico.

Módulo Solar Fotovoltaico. - Un módulo solar fotovoltaico se construye al ensamblar varias celdas fotovoltaicas en serie, para aumentar el voltaje total generado por dichas celdas. El módulo fotovoltaico pasa a ser la unidad básica de voltaje de un sistema fotovoltaico. Los módulos fotovoltaicos son ahora los componentes esenciales para fabricar los paneles solares fotovoltaicos. La potencia de un módulo fotovoltaico puede variar ampliamente desde aproximadamente los 50W hasta los 500W, con una eficiencia media que va desde el 17% hasta el 22% en el mejor de los casos.

Panel Solar Fotovoltaico. - Un panel solar fotovoltaico se construye al conectar en paralelo varios módulos fotovoltaicos; con la intención de sumar la corriente que produce cada módulo, y así aumentar la potencia total producida por estos componentes, sin variar el voltaje nominal de trabajo. La instalación de paneles solares es un proceso que consiste en varias etapas, entre los principales pasos tenemos: a) Montar los soportes de las placas; b) Fijar la cubierta; c) Fijar las placas solares; d) Realizar la conexión del sistema con el inversor; e) Conectar el inversor al cuadro eléctrico; f) Conectar las baterías en el caso de las instalaciones aisladas.

Arreglo Fotovoltaico. - En un arreglo fotovoltaico se conectan paneles fotovoltaicos en serie y/o paralelo para producir cada vez mayores cantidades de voltajes y/o corrientes, y por ende mayores potencias eléctricas, las

características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con los parámetros de potencia eléctrica, corriente eléctrica y voltaje que van de acuerdo al número de módulos que estarían conectados en serie y en paralelo. El arreglo fotovoltaico es lo que necesitamos cuando nuestro proyecto intenta abastecer el consumo eléctrico de un hogar u oficina, es decir en teoría el arreglo fotovoltaico puede manejar valores muy altos de corriente y voltaje.

En resumen, podemos indicar que una celda solar fotovoltaica es la unidad más básica de producción de potencia eléctrica a través del efecto fotovoltaico; que produce un voltaje que depende de la naturaleza física del material que se utiliza para fabricar la celda, y una corriente que es proporcional al área de dicha celda. Un módulo fotovoltaico es la conexión en serie de varias celdas para obtener un voltaje nominal de trabajo, que esté acorde con los requerimientos de los equipos. Un panel fotovoltaico es la conexión en paralelo de muchos módulos para lograr incrementar la potencia eléctrica hasta valores que sean de utilidad práctica para muchas aplicaciones.

Un arreglo fotovoltaico, es la conexión en serie y/o paralelo de muchos paneles fotovoltaicos para incrementar la potencia eléctrica generada, hasta valores que puedan ser utilizados en casi cualquier situación de demanda de potencia eléctrica.

En la siguiente figura se muestra el orden y diferencias de celdas, módulos, paneles y arreglos fotovoltaicos, respectivamente:

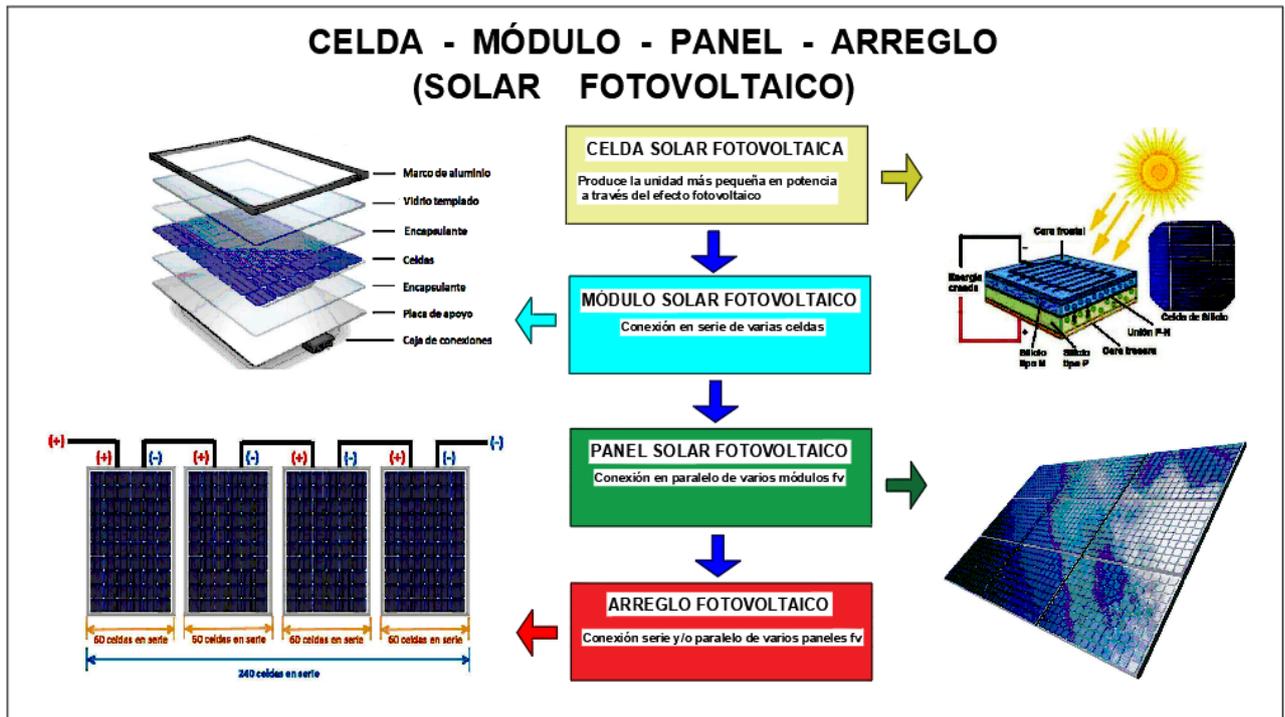


Figura 2.33. Celda, módulo, panel y arreglo (fotovoltaico)
Fuente: Autor

2.7. Banco de baterías.

Conocidos también como acumuladores de energía, y son dispositivos con capacidad de almacenar energía eléctrica para poder ser utilizados en casos de emergencia o también como compensación de la energía para sistemas fotovoltaicos de tipo autónomos. En los sistemas fotovoltaicos en la cual, los bancos de baterías son utilizados para almacenar energía en horario diurno y abastecer o suministrar la demanda (energía) en los horarios nocturnos, y dentro de los sistemas interconectados a la red estas baterías son utilizado como sistema de reserva con una autonomía ≤ 2 horas, en la siguiente figura se muestra la instalación de un sistema de banco de baterías conformada por cuatro (4) sets para suministrar energía de reserva.



Figura 2.34. Banco de baterías.

Fuente: <https://aisamillennium.com.ni/product/rack-para-baterias/>

Las baterías que son utilizadas en los sistemas de energía solar con paneles fotovoltaicos se diferencian por tener un soporte de altas temperaturas de hasta 55°C y admiten un gran número de descargas, así como tener un elevado número de ciclos, en donde variarán de acuerdo al porcentaje de descarga y del modelo de la batería, logrando obtener una autonomía que varía entre 5 a 12 años (Ocampo & Suarez, 2017).

2.7.1. Tipo de baterías.

Batería VRLA: Corresponden a las baterías compuestas de plomo ácido, también son conocidas como VRLA se emplean para uso de respaldo de energía eléctrica en sistemas conocidos también como UPS, pero la innovación tecnológica diseñó baterías selladas con libertad de mantenimiento y a prueba de fuga que son pueden soportar condiciones extremas con temperaturas de desde 20°C hasta 50°C con una propia autonomía de entre 8 a 12 años, respectivamente en la siguiente figura se muestra un modelo de batería VRLA.



Figura 2.35. Batería de plomo ácido sellada.
Fuente: <https://www.aviationpartsinc.com/es>

Baterías de níquel Cadmio: Entre los diseños de baterías desarrollados de manera evolutiva las más eficientes es la batería de níquel cadmio (NiCd) la cual, fueron diseñadas para mejorar el tiempo de la autonomía, y para mantener un sistema de energía ininterrumpida, en donde soportan altas temperaturas entre los 34°C y 45°C, que son de acuerdo al tipo de la descarga, y se clasifican en baja (L), media (M), alta (H), en la siguiente figura se tiene un modelo de batería tipo NiCd.



Figura 2.36. Batería de Níquel-Cadmio.
Fuente: <https://www.emisa.es/>

Baterías de litio: Conocidas como las baterías de tipo litio o Li-ON la cual, son baterías selladas y libres de mantenimiento, diseñadas para ocupar menor espacio, su configuración en su tiempo de carga es mínimo, esta soporta altas temperaturas, no emite propagación de gases a ambiente, posee una vida útil de 1entre 5 a 20 años, respectivamente, presenta ventajas con respecto a los modelos VRLA y NiCd debido a que esta batería tiene un alto costo económico, en la figura siguiente se muestra un modelo de la batería Li-ON.



Figura 2.37. Batería de litio.
Fuente: <https://autosolar.es/baterias-litio>

2.7.2. Tipo de conexiones entre Baterías.

De acuerdo a la demanda de corriente y voltaje que se requiera, los MPPT del módulo tipo inversor se pueden realizar variadas configuraciones en serie, paralelas o mixtas, respectivamente como se muestran en las siguientes figuras:

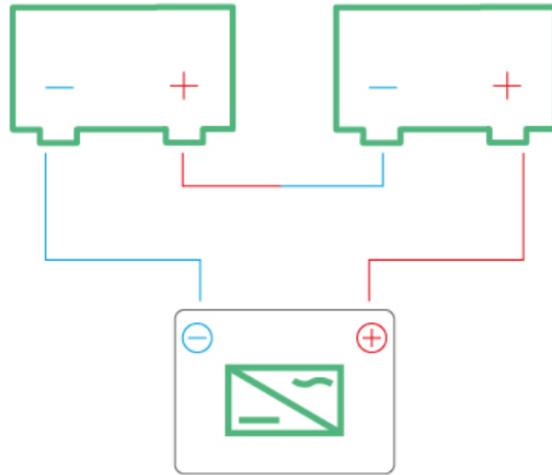


Figura 2.38. Conexión en serie de baterías.
 Fuente: <https://autosolar.es/placas-fotovoltaicas/conexion-en-serie-de-paneles-solares-y-baterias>

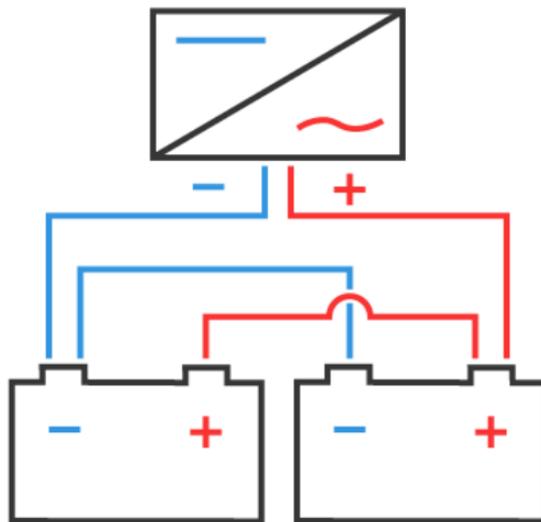


Figura 2.39. Conexión en paralelo de baterías.
 Fuente: <https://autosolar.es/placas-fotovoltaicas/conexion-en-serie-de-paneles-solares-y-baterias>

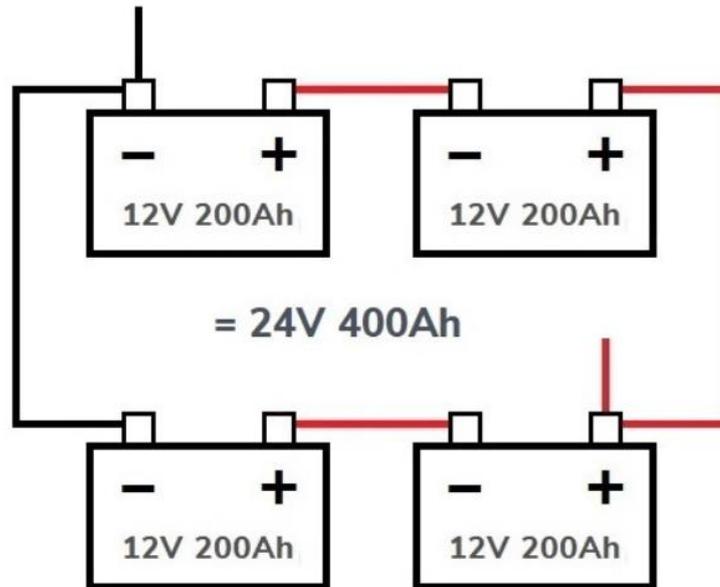


Figura 2.40. Conexión mixta de baterías.

Fuente: <https://autosolar.es/placas-fotovoltaicas/conexion-en-serie-de-paneles-solares-y-baterias>

2.8. Inversor.

Es uno de los equipos de alta importancia aplicada en la generación fotovoltaica, es la que marca la potencia de la instalación completa, su misión es transformar el voltaje continuo, y corriente continua generada en el campo fotovoltaico en voltaje y corriente alterna lista para ser utilizada, es decir convierte lo directo en alterna, es necesario el uso de inversores debido a que las instalaciones actuales funcionan con energía alterna, es importante detallar que la función correcta del dispositivo inversor va ligado con el tipo de sistema fotovoltaico diseñado a implementar y la carga nominal (Argoti, 2021).

De acuerdo con el tipo de sistema fotovoltaico los inversores pueden ser interconectados a los sistemas, ya sean estos a la red o de tipo autónomo, los cuales presentan las mismas características de un inversor, siendo estas:

- a) Inversión de red DC/AC
- b) Modulación de onda (filtrado)
- c) Regulación del valor eficaz de voltaje de salida (V_{rms})

En la siguiente figura se muestra un modelo de inversor.



Figura 2.41. Inversor
Fuente: <https://autosolar.es>

La potencia máxima entregable por un inversor suele ser el doble de la potencia nominal, lo cual nos permite responder a los picos de consumo de las diferentes cargas como motores al arrancar, considerando también que la potencia entregable disminuye por la presencia de energía reactiva y también por efectos del aumento de la temperatura ambiente cuando sube.

El **Consumo en Standby**: El consumo en standby es el consumo que tiene un inversor, inclusive cuando no haya consumos a su salida. Cuanto mayor sea la potencia del inversor mayor será el consumo en standby.

2.8.1. Tipos de inversor.

Inversor autónomo: Es comúnmente utilizado para ambientes aislados o rurales donde tiene una frecuencia y voltaje ajustado según el diseño adoptado. Al ser un sistema aislado puede trabajar mediante baterías como fuente de respaldo en los periodos en los que hay ausencia de radiación solar, estos inversores autónomos presentan un regulador de carga el cual, mantiene dentro del límite mínimo permisible al diseño de arreglo de las baterías, también tiene indicadores para ver sus condiciones de operación, consumo, y el tiempo de autonomía de las baterías, en la siguiente figura se aprecia el esquema de un inversor y su forma de conexión.

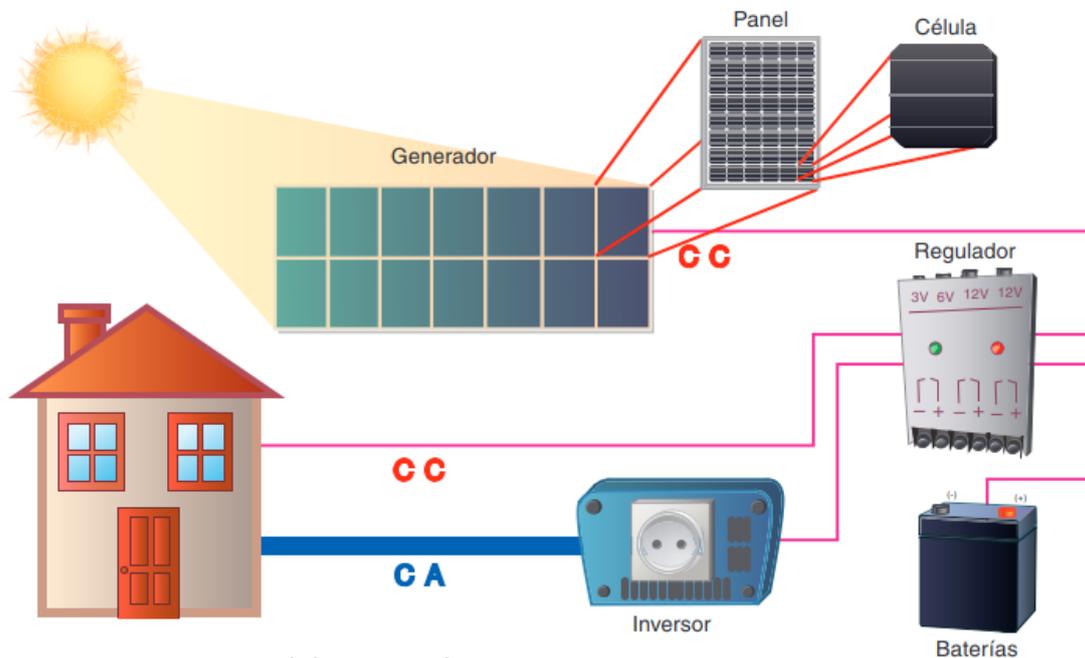


Figura 2.42. Esquema de inversor autónomo.
Fuente: cairographicorg

Este tipo de inversor en un sistema solar fotovoltaico en condiciones de asilado con un banco de baterías como fuente de respaldo, además de un subsistema acondicionador de potencia, el cual funciona como un estabilizador de voltaje o tensión convirtiéndose en la única variante la corriente eléctrica que circula por el sistema conformándose en un sistema de forma integral, a continuación, se detallan los beneficios de un inversor autónomo:

- a) Capacidad de cargar baterías.
- b) Encendido y apagado automático de generador (Adicional).
- c) Advertencia de apagado (cuando el porcentaje de la batería es bajo).
- d) Capacidad para servir los picos de consumo.
- e) Elemento robusto y muy fiable.

2.8.2. Inversor interconectado a la red eléctrica.

Estos tipos de inversores se caracterizan debido a que trabajan directamente con la red eléctrica generalmente pública, y funciona mediante un mecanismo bidireccional, el cual absorbe la radiación que incide sobre los

diversos módulos fotovoltaicos diseñados, y además convierte el voltaje CC en voltaje alterno AC, además que cuenta con un sistema inteligente el cual, permite monitorear en tiempo real el consumo eléctrico y la energía que es generada por los módulos fotovoltaicos, este funciona como una especie de llave de dos entradas este sí, detecta falta de energía por parte de los módulos solares abre el grifo con la energía faltante que suministrará la red eléctrica, compensando de esa manera la diferencia, en la siguiente figura se muestra parte del sistema, el cual recibe señales de los módulos fotovoltaicos y la red registrados mediante un medidor bidireccional. El inversor interconectado a la red eléctrica nos permite adicionar otros módulos inversores en caso de expansión de acuerdo al crecimiento de la carga, gracias al sistema de monitoreo permite estabilizar la energía entregada, esto en función a la demanda. A continuación, se muestran los beneficios de inversor, el cual es interconectado a la red eléctrica:

- a) Reducción de costos y consumo de energía eléctrica a largo plazo.
- b) Capacidad de amplitud de carga (cuando exista crecimiento de la demanda).
- c) Monitoreo en tiempo real
- d) Sistema Smart

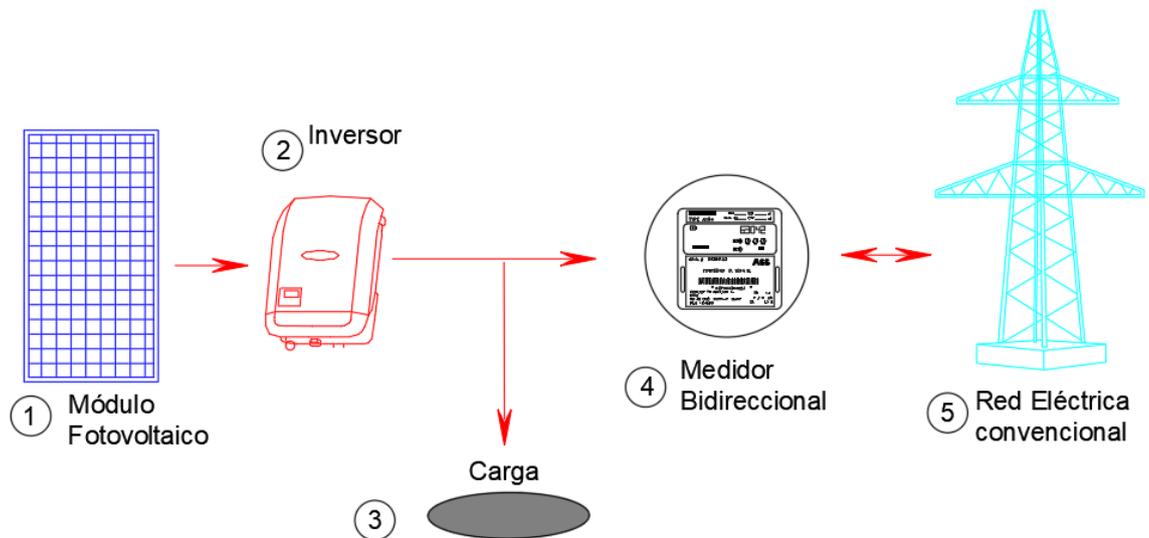


Figura 2.43. Esquema de inversor interconectado a la red.
Fuente: Autor

2.8.3. Tecnologías de micro inversor

Inversor centralizado: Este inversor es el único que permite controlar todo el diseño de instalación fotovoltaica, esto derivados de las cadenas de conexiones conformadas por los módulos fotovoltaicos en arreglos ya sean estos en serie, paralelo o mixto, respectivamente. Esta configuración se realiza para sistemas ≥ 6 kW de potencia (SMA, 2018), poseen ventajas como: a) Robustez en instalaciones para aplicaciones industriales; b) Simplicidad en la instalación de acuerdo a sus conexiones, en la siguiente gráfica se muestra un modelo de conexión.

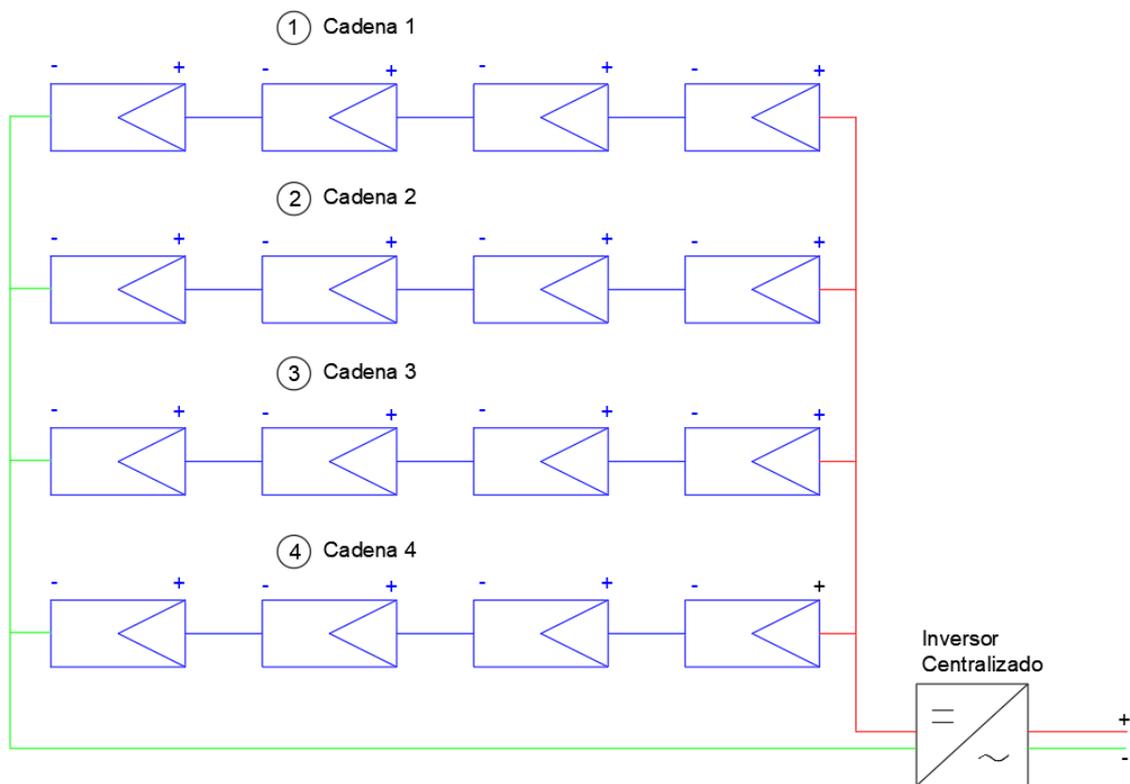


Figura 2.44. Inversor centralizado con 4 MPPT.
Fuente: Autor.

Inversor en cadena: Son aquellos que están interconectados en paralelo, la cual, pueden suministrar la cantidad de energía deseada por la configuración de diseño fotovoltaica, donde cada módulo inversor es capaz de acoplar un ramal fotovoltaico, este tipo de conexión y diseño se realiza para sistemas ≥ 6 kW (SMA, 2018), tienen importantes ventajas como: a) Mejor el rendimiento en las instalaciones fotovoltaicas; b) Reducción de pérdidas por las sombras, en la siguiente gráfica se muestra el tipo de conexión:

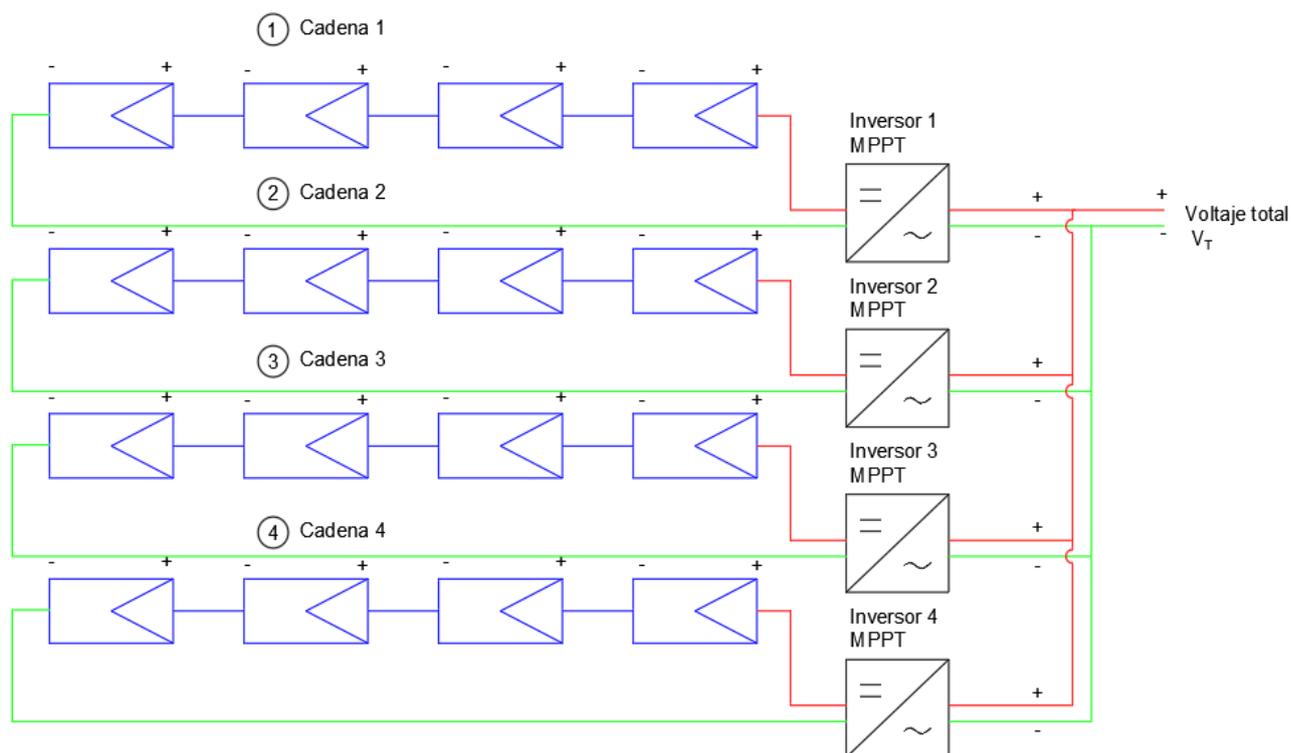


Figura 2.45. Inversor en cadena con 4 MPPT.
Fuente: Autor.

El **Micro inversor**: es un dispositivo, el cual tiene como objetivo cumplir las mismas funciones que un inversor de tipo centralizado, se tiene una diferencia la cual, consiste en que trabajan como módulos individuales capaces de monitorear de entre 1 a 4 módulos fotovoltaicos. De acuerdo a los parámetros del fabricante, se tienen las siguientes ventajas:

- Mayor seguridad para trabajar con tensiones o voltajes bajos (confiabilidad).
- Menores tipos de maniobras con corriente directa (menores esfuerzos).
- Menor riesgo de incendio o conatos debido a los arcos eléctricos.
- Mayor protección para realizar trabajos en ambientes de intemperie y húmedos.
- Monitoreo de manera inteligente por módulo.

- f) Mayor producción solar al mitigar pérdidas por sombreados en el ambiente.
- g) 1 MPPT por cada módulo.
- h) Bien útil para las instalaciones con bastantes paneles solares.
- i) Reducción de las pérdidas y costos económicos de instalación.

En la siguiente figura se muestra el dispositivo Micro inversor:



Figura 2.46. Micro inversor 300WP

Fuente: <https://autosolar.es>

2.9. Regulador de carga.

El regulador tiene como misión evitar situaciones de carga y sobre descarga de la batería, es decir nos garantiza una carga la cual es suficiente para el acumulador, y en la zona o parte de la descarga se encarga de asegurar el suministro eléctrico diario sea suficiente y de esta manera evitar la descarga

excesiva de la batería, con el fin de alargar su vida útil, para el normal y correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica, se debe instalar este sistema de regulación de carga entre la unión de los paneles solares y las baterías, el cual trabaja por tanto en las dos zonas, tal como se muestra en la siguiente figura.

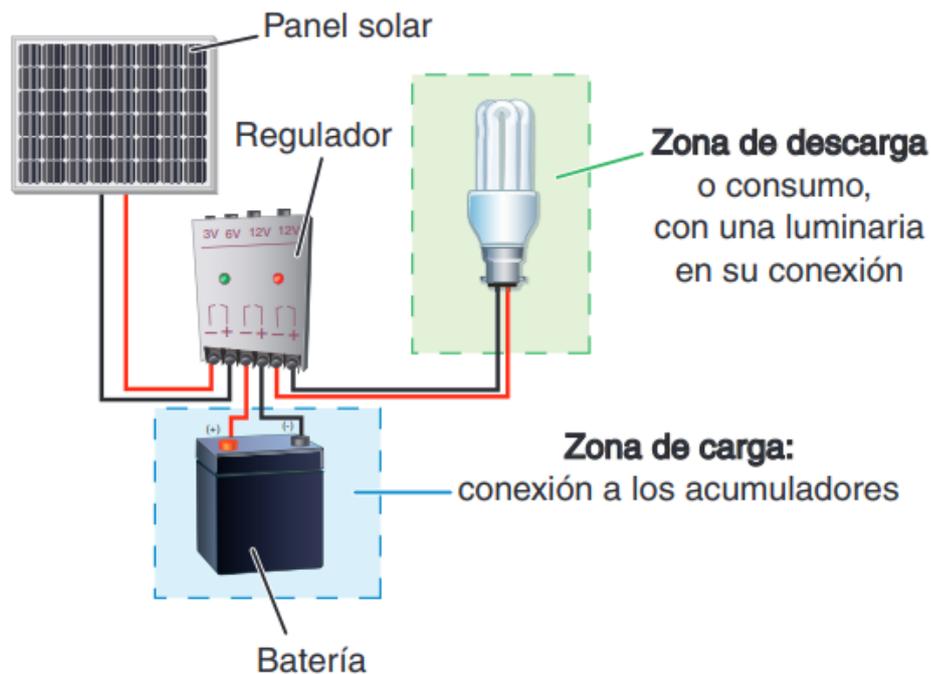


Figura 2.47. Esquema de un regulador
Fuente: cairographicorg

El dimensionado de la instalación solar se realiza de manera que se asegure el suministro de energía eléctrica en las peores condiciones de luminosidad del sol. Por ello se toman como referencia los valores de irradiación en invierno. Esto puede provocar que en verano la energía aportada por los módulos solares sea en ocasiones casi el doble de los cálculos estimados, por lo que, si no se conecta el regulador entre los paneles y las baterías, el exceso de corriente podría llegar incluso a hacer hervir el electrolito de los acumuladores, con el riesgo que ello conlleva.

2.9.1. Características físicas del regulador de carga.

Los fabricantes nos proporcionarán los valores de trabajo del regulador sobre una hoja de características de datos. En estas hojas aparecerán: a) Características físicas del regulador: peso, dimensiones, material empleado en su construcción, etc.; b) Características eléctricas; c) Normas de seguridad que cumple.

También hay que tener en consideración otro tipo de aspectos, como pueden ser medidas de seguridad, etc. El regulador debe proteger tanto la instalación como a las personas que lo manejen, por lo que deberá llevar sistemas que proporcionen las medidas de seguridad adecuadas y calculadas para cada uno de los casos. Los fabricantes nos proporcionan también este tipo de información. En todos los equipos e instalaciones en los que se esté manejando corriente continua (DC) hay que tener cuidado con la polaridad. Este tipo de corriente tiene polo positivo y polo negativo, y una equivocación en la conexión puede provocar problemas importantes, como la rotura de equipos, entre otros aspectos.

2.9.2. Esquema de conexión del regulador en la instalación.

En los catálogos se nos indica el tipo de regulación que lleva (si es serie o paralelo), el tipo de batería que podemos conectar a la salida del equipo, así como todas las alarmas que proporciona ante un mal funcionamiento, y las protecciones que lleva. Como en todos los equipos, se hace mención de la temperatura a la que va a trabajar el aparato y la posible influencia que pueda tener esta sobre el correcto funcionamiento del mismo (no es igual realizar una instalación en una zona de frío extremo que en una zona cálida).

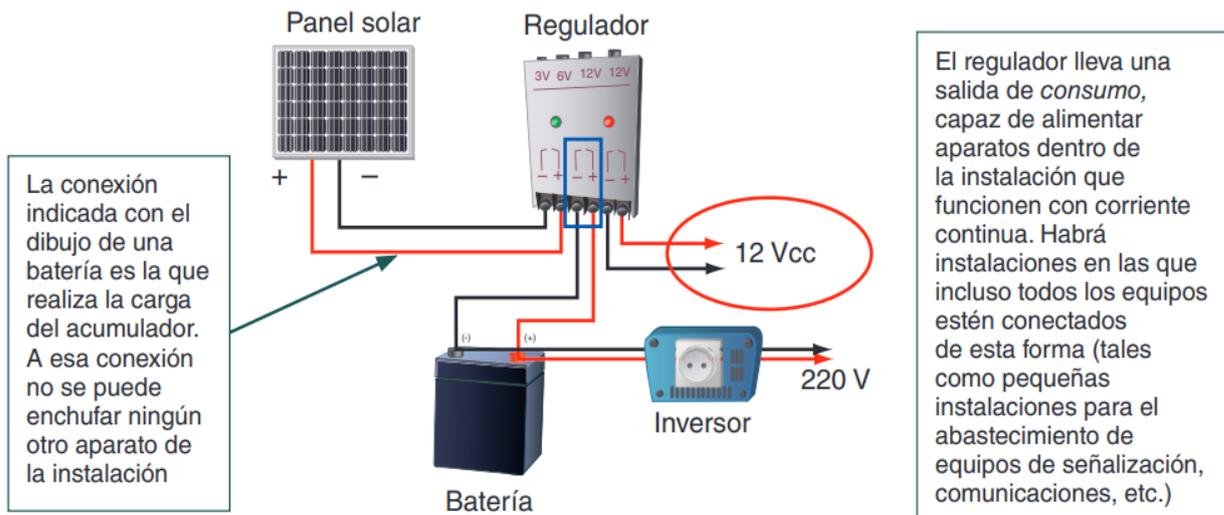


Figura 2.48. Esquema de conexión de un regulador
Fuente: cairographic.org.

2.10. Protecciones para los sistemas eléctricos.

2.10.1. Sistema puesto a tierra.

Este sistema de la puesta a tierra es fundamental considerarla como una parte esencial y primordial dentro del sistema eléctrico, esto es el conjunto de conductores y un conjunto de elementos que van enterrados en el suelo por medio de una instalación eléctrica que es capaz de soportar corrientes excepcionales (no deseadas) como en caso de cortocircuito o de descargas atmosféricas. La efectiva instalación del sistema de puesta a tierra nos asegura la calidad y confiabilidad de las instalaciones, la cual nos permite descargar el exceso de energía eléctrica (Dehn, 2010). A continuación, se presentan algunos de los beneficios y bondades:

- a.- Estabilizador de voltaje con respecto al neutro del sistema.
- b.- Protección a las instalaciones eléctrica contra algún impacto ya sea directo e indirecto provenientes de los rayos.
- c.- Correcto funcionamiento de la red para asegurar la calidad de energía.
- d.- Limitación en el sistema de las perturbaciones electromecánicas.

e.- Asegura la calidad de vida del personal técnico, esto limitando los voltajes de paso y de contacto a valores seguros y confiables.

2.10.2. **Protección contra descargas atmosféricas.**

En lo relacionado a las etapas de protección de las instalaciones eléctricas, uno de los equipos que se considera de alta importancia es la protección contral las descargas atmosféricas. El grado de nivel isocerámico (cantidad de tormentas eléctricas), es decir el que cuantifica el número de impactos de los rayos, el cual impactan en la zona de las instalaciones físicas y redes eléctricas, la cual deben estar previstas de protección directa e indirecta ante la presencia de algún rayo. La norma EN 62305-4, LPZ (Lighting protection zone) clasifica a las diferentes zonas asociadas a la protección ya sea en espacio exterior y en zonas perimetrales e interior (Dehn, 2010) como lo muestran las figuras siguientes:

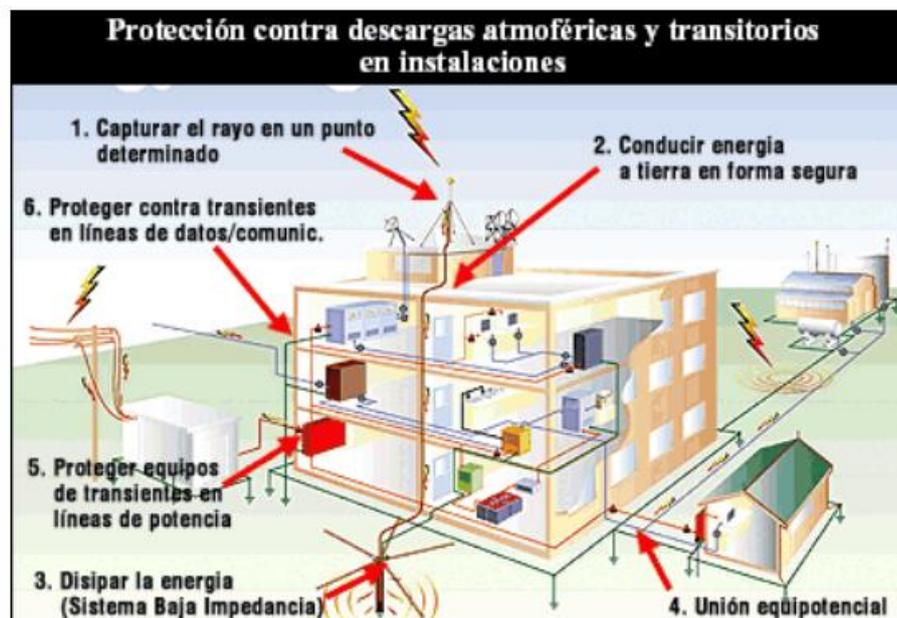


Figura 2.49. Zonas de protección infraestructura industrial
Fuente: Dehn, 2010

A través de un conductor aislado de baja impedancia que evite los arcos de la energía hacia la estructura de nuestra instalación en su trayecto hacia tierra. Este punto es de vital importancia, ya que la corriente de una descarga atmosférica es una corriente de alta frecuencia, por lo que no sólo debemos considerar la resistencia del cable, sino también la impedancia, ya que esta energía buscará el medio de menor impedancia en su trayectoria hacia tierra. Igual de importante es mantener toda la energía contenida en el conductor para así evitar los arcos que pueden llegar a introducir señales, ruidos o transitorios no deseados en nuestras instalaciones y equipos.

Es importante **disipar la energía a tierra**, es decir esta disipación se debe realizar con un mínimo incremento en el potencial de tierra por medio de un sistema de baja impedancia, ya que como se mencionó anteriormente estamos manejando corrientes de alta frecuencia, por lo que no sólo hay que considerar la resistencia del terreno, sino también la impedancia del mismo. Se debe crear un **plano de tierra equipotencial**, es decir unir todos nuestros sistemas de tierra por medio de dispositivos que en el momento de presentarse un transitorio los pongan a todos en un mismo potencial, para evitar que debido a la diferencia de impedancias tengamos circulación de corriente por los diferentes sistemas de tierra y ésta llegue a provocar daños en los equipos o ponga en riesgo la vida de algún operador o trabajador.

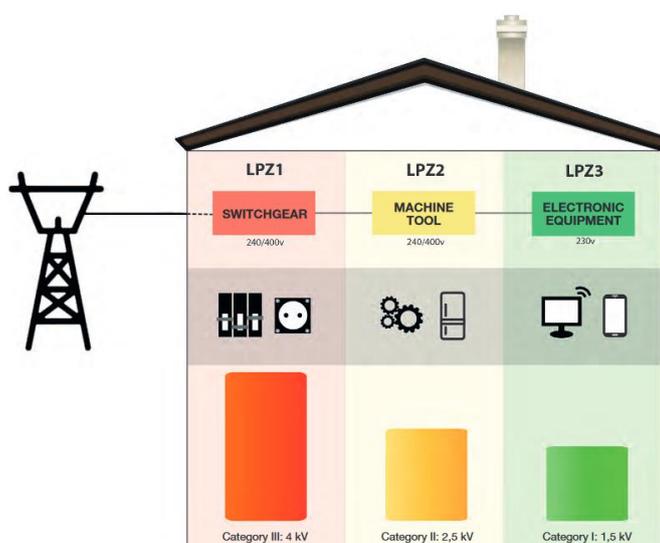


Figura 2.50. Zonas de protección según el rango
Fuente: <https://www.ingesco.com>

Las áreas o zonas de protección contra las descargas atmosféricas se pueden clasificar de la siguiente manera:

Zonas exteriores

LPZ0.- Es considerada como un área o zona de peligro, mediante campo electromagnético no atenuado del rayo, en la cual los sistemas pueden ser expuestos a la corriente del rayo de manera completa o parcial (Dehn, 2010).

Zonas interiores

LPZ1.- Corresponde al área o zona en que los objetos están expuestos a las descargas atmosféricas del rayo y a la corriente del rayo de una manera reducida, esta área o zona debe contar con medidas de blindaje para que el campo electromagnético esté en condiciones de atenuado (Dehn, 2010).

LPZ2.- Esta área o zona es considerada como espacio de protección consecutivo, para reducir los remanentes de corriente que ingresan a la red (Dehn, 2010).

LPZ3: Área o zona que es considerada como un espacio de protección para los equipos eléctricos, el cual son considerados equipos críticos o sensibles a perturbaciones de red (Dehn, 2010).

2.10.3. Dispositivos de protección SPD.

Las denominadas protecciones de tipo SDP son conocidos como protectores eléctricos o también supresores de voltaje, el cual su diseño es para proteger los equipos o aparatos eléctricos de las fluctuaciones de voltaje, donde el principio de los SPD es de regular el voltaje que se aplica a un dispositivo enviando a tierra voltajes que superan el umbral, esto bajo cumplimiento de la normativa EN 61643-11 y EN 62305-4 fundamentado en el concepto de zonas de protección contra descargas atmosféricas.

2.10.4. Principio de protección escalonada.

Consiste en la protección de manera total del sistema de bajo voltaje, el cual, integra al sistema de puesta a tierra, esta protección contra descargas atmosféricas y de protección contra las perturbaciones en la red, el cual influyen en las variaciones de voltaje, donde la norma internacional EN 61643-11, secciona la solución para cada tipo de equipo o apartado que constituye el sistema eléctrico en bajo voltaje, en donde el principio de cada SDP, según su aplicación de uso, ubicación; y se los clasifica en protecciones tipo 1, 2 y 3 respectivamente.

‘Las protecciones de tipo 1.- son aquellas capaces de soportar la mayor parte de las corrientes de rayo, en la cual estos dispositivos se instalan en la parte inicial de la acometida de bajo voltaje. El residual de la corriente o perturbaciones eléctricas los protege los de tipo SPD tipo 2. En el siguiente esquema se muestra conexión SPD tipo 1:

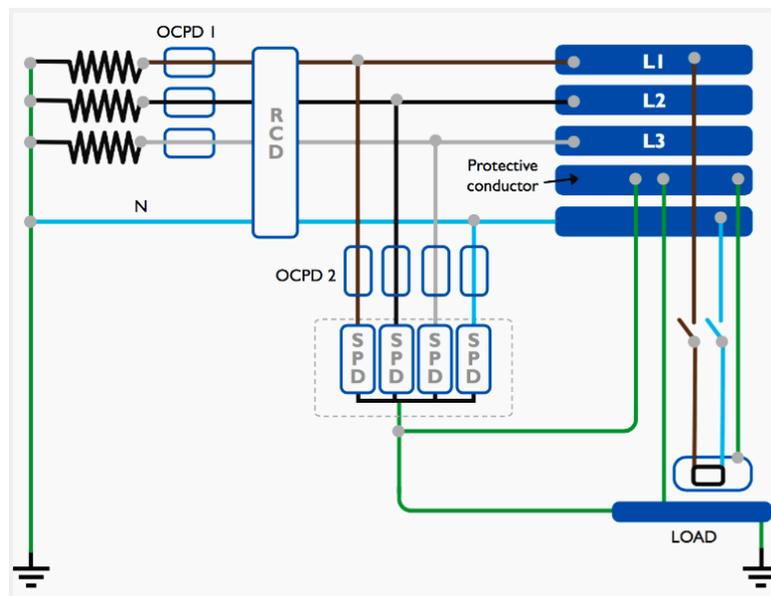


Figura 2.51. Protección contra sobretensiones, conexión SPD tipo 1 (CT1)
Fuente: <https://crushtymks.com/es/>

Las protecciones tipo 2.- Su función es la protección de las instalaciones eléctricas, que están instalado en paralelo al disyuntor principal del sistema,

además protege a los equipos y a las instalaciones del impacto indirecto de la incidencia del rayo y de las sobretensiones. En el siguiente esquema se muestra conexión SPD tipo 2:

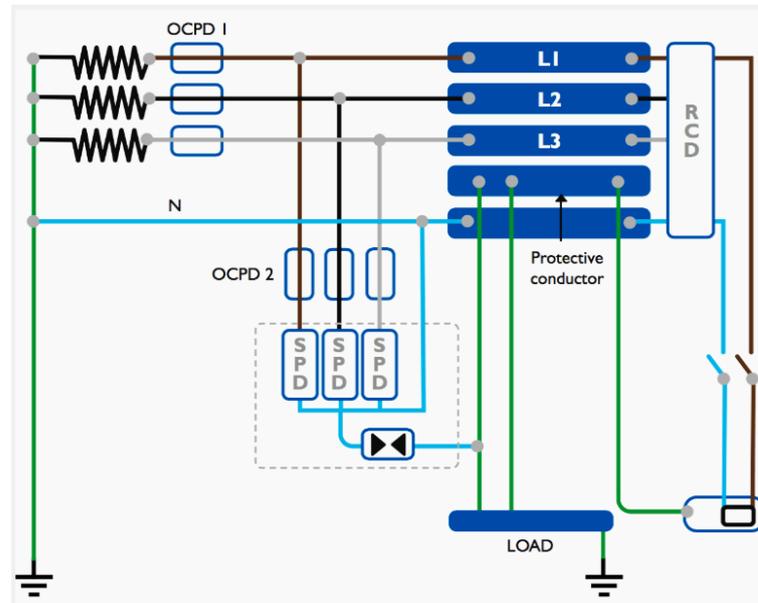


Figura 2.52. Protección contra sobretensiones, conexión SPD tipo 2 (CT1)
Fuente: <https://crushtymks.com/es/>

Las protecciones tipo 3.- Su función es la protección de los equipos finales, en la cual son considerados como aparatosas críticas como en equipos para telecomunicaciones, en sistemas CCTV, y en dispositivos electrónicos.

Es sumamente importante, además recomendar instalar en el sistema un pararrayo con dispositivo de cebado (PDC) con un radio de 45m como se muestra en la figura 4.19 unido mediante un mástil de 2 metros ubicado en el techo del predio el pararrayo estará conectado a la tierra del sistema mediante conductor de cobre desnudo hasta bajar a tierra. En la siguiente gráfica se muestra u pararrayo dispositivo de cebado:

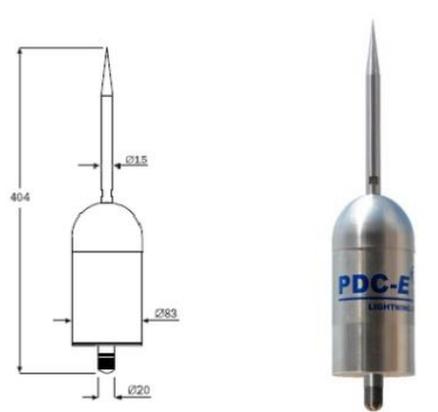


Figura 2.53. Pararrayo dispositivo de cebado.
 Fuente: <https://www.interempresas.net/>

Se considera de suma importancia la implementación de un electrodo químico cercano a la esquina del pararrayo y en sus conexiones bimetálicas, en la cual, la bajante se conectará con el electrodo para aterrizar el sistema, en la siguiente figura se muestra los elementos propuestos, tal como se muestra en la siguiente esquema de conexiones:

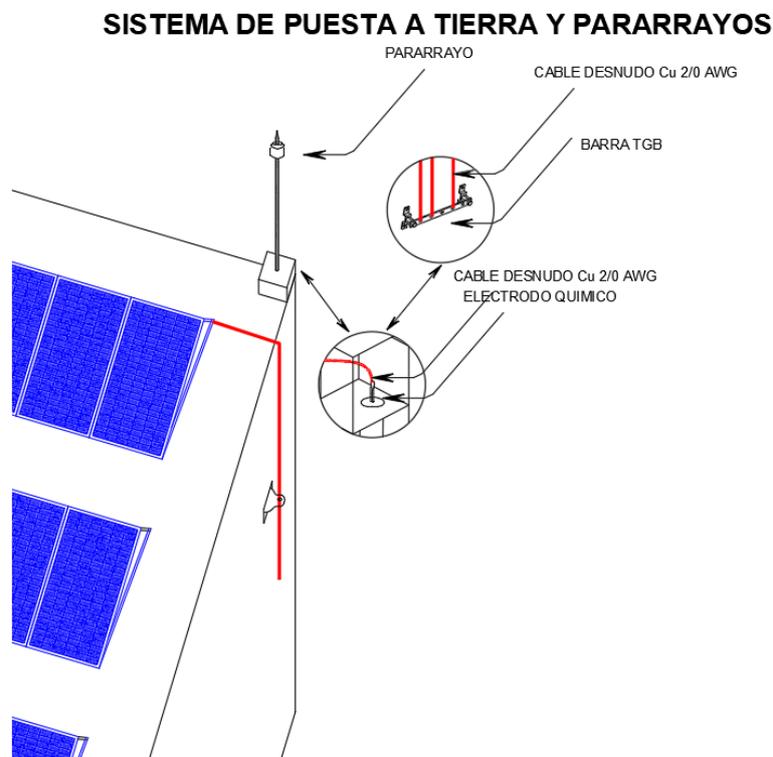


Figura 2.54. Sistema de protección contra descargas directas e indirectas de rayos
 Fuente: propia

El sistema de puesta a tierra considerado es la unión de módulos mediante riel estructura, este tipo se usa cuando existen cadenas compuestas por varios módulos, se utiliza la estructura de aluminio para la conexión de los chasis mediante un chicote y conectores auxiliares.

2.10.5. Elementos de protección para un sistema fotovoltaico.

En los sistemas fotovoltaicos que están interconectados a la red eléctrica como es de conocimiento cumplen el rol de generar y de suministrar la energía eléctrica, en la cual el sistema posee protecciones de tipo térmicas y eléctricas, respectivamente sin embargo, es necesario tener un acoplamiento de un sistema de protección contra descargas atmosféricas y de puesta a tierra, el cual nos permite garantizar la confiabilidad y la operatividad de las instalaciones eléctricas así como de reducir los riesgos al personal y al sistema.

La incidencia de un rayo en zonas cercanas sobre un módulo fotovoltaico puede originar sobre voltajes en la red eléctrica, algún impacto de manera directa en los módulos o en paneles puede originar la destrucción total o parcial de los componentes electrónicos en la instalación. En la normativa IEC 60364-2-7 12 recomienda que para las instalaciones superiores a los 10 kW de potencia, así como en una instalación con micro inversores la acumulación de un sistema escalonado de protección SDP con los diferentes tipos (I, II, III), en sus diferentes etapas que conforma el sistema, además del adecuado sistema de puesta a tierra con una protección mínima permisible hasta 50 ohmios, en la figura siguiente muestra la coordinación de protecciones para un sistema complejo y fuerte.



Figura 2.55. Zonas de protección según su rango.
Fuente: Dehn, 2010

Donde:

- a) Descargadores de la corriente de choque tipo I + II.
- b) Descargador para la línea de transmisión de datos tipo I + II.
- c) Descargador DC hasta 1000V tipo I + II en la salida de la cadena fotovoltaica.
- d) Descargador I + II para la acometida en baja tensión o voltaje AC.
- e) Barras equipotenciales para proporcionar tierra aislada al ramal fotovoltaico y el inversor.
- f) Puntas captadoras, y conexiones bimetálicas que interconectan al sistema puesta a tierra.

2.11. Protección contra incendios en sistemas fotovoltaicos instalados en techos.

Además del número y la longitud del cableado, respectivamente las corrientes residuales frecuentemente son originadas por tipo ambientales como la radiación solar, la humedad, la suciedad, el envejecimiento, por averías o daños mecánicos en los cables y los conectores del sistema, cuando se origina una corriente residual, normalmente es tarea del inversor apagar la alimentación. Una advertencia importante, es que es imposible apagar el techo mientras el sol está brillando, por lo consiguiente es de mucha importancia que el sistema

fotovoltaico sea controlado y monitoreado permanentemente para tener presente la ocurrencia de corrientes residuales lo antes posible, de esta forma el problema podrá resolverse lo antes posible, y así mitigar el peligroso inconveniente a presentarse.

Es necesario considerar una solución adecuada para brindar protección a los sistemas fotovoltaicos, con la implementación adecuada de equipos de monitoreo de corriente residual que son actualmente el estándar de la industria para la detección de corriente de fuga en instalaciones solares fotovoltaicas en techos, esto permite garantizar una producción de energía segura y sólida. En la mayoría de los casos las instalaciones fotovoltaicas están cerca del público, instaladas en el que podría ser el techo de una escuela, un almacén, cocheras o un centro de distribución a gran escala, por lo que un incendio podría ser realmente peligroso y acarrear no solo pérdidas económicas sino humanas.

2.11.1. Mejores prácticas de seguridad contra incendios para las instalaciones de sistemas fotovoltaicos en tejados.

Las prácticas de seguridad contra incendios propuestas se clasificaron en 10 grupos teniendo en cuenta diferentes factores: Prácticas generales para garantizar que el sistema fotovoltaico sea diseñado únicamente por personal calificados; estudio del emplazamiento, incluido el tamaño, la gestión de la sombra, la vía de acceso, la inclinación, la orientación y la ubicación; estructura y material del tejado; sistemas de señalización de todo el equipo fotovoltaico, incluida la entrada y la salida fotovoltaica, los conductos, el cableado, el inversor, los recintos, el combinador, la caja y los interruptores aislantes; impermeabilización y tapajuntas del tejado; cableado eléctrico y sistema de toma de tierra; montaje del conjunto, ventilación y paneles fotovoltaicos; caja combinadora y conectores; inversor de CC/CA; y aislador de CC y otros dispositivos de protección.

Antes de la instalación del sistema fotovoltaico, es importante realizar una evaluación del emplazamiento para evitar el efecto de sombreado y determinar la mejor orientación para obtener el máximo rendimiento del sistema fotovoltaico, además de una buena ventilación y circulación de aire alrededor de los módulos fotovoltaicos puede evitar el fenómeno de puntos calientes (hot spots). Según

ellos, muchos accidentes de incendio se originan en los aisladores de corriente continua debido a la penetración de agua en el recinto por prácticas ignorantes durante la instalación, sin embargo, en la siguiente figura se muestra Paneles incendiados.



Figura 2.56. Paneles solares incendiados
Fuente: <https://engi.co/incendios-paneles-solares/>

Entre las razones principales de los incendios en paneles solares fotovoltaicos tenemos: a) desgaste de los equipos con el pasar de los años, sabemos que una instalación de estas puede tener una vida útil de al menos 25 años. Razón por la cual debemos estar verificando constantemente su operación; b) mala conexión o el dejar cables sueltos en la instalación., con esto se pueden provocar arcos eléctricos, que son descargas eléctricas que ocurren entre dos electrodos que no necesariamente tienen contacto; c) puntos calientes, esto es un fenómeno que ocurre cuando tenemos sombras en nuestro arreglo fotovoltaico, lo que sucede es que la energía que fluye a través de los diodos del panel se interrumpe por alguna sombra, esto resulta en una significativa producción de calor, para evitarlo debemos asegurar que nuestros paneles solares cuenten con diodos de bypass, los diodos ayudarían a la corriente a

conducir por caminos alternativos para eludir que una célula sombreada termine dañada o en un posible incendio.

Para evitar inconvenientes siempre es recomendable, además de tener buenas prácticas durante la instalación, seguir la normativa vigente nacional e internacional. Existe normativa como el código de incendio de la NFPA 1, en donde se establece la forma en que se deben disponer los paneles sobre el techo. Aquí se indica textualmente, por ejemplo, que siempre se deben dejar caminos transitables sobre el techo que sean capaces de soportar la carga viva de los bomberos en caso de un incendio. Por ende, insistimos, no se trata de llenar un techo de paneles solares hasta su máxima capacidad sino de saber hacerlo adecuadamente con las normas de seguridad. En conclusión, asegúrate siempre de realizar tu instalación con una empresa experta y con personal calificado. Es muy importante no solo guiarse por las normas locales sino también por las internacionales, pues en una instalación fotovoltaica lo que siempre debe prevalecer es la vida humana por encima de cualquier otro aspecto.

CAPITULO III

3. NORMATIVAS Y RESOLUCIONES DEL ENTE REGULADOR

3.1. Antecedentes.

El campo, así como el sector eléctrico ecuatoriano en los actuales momento se considera un actor como ente fundamental para el desarrollo y progreso de los últimos 50 años, desde la utilización de grandes centrales a vapor, la cual están ubicadas en la costa ecuatoriana, hasta en la construcción de un parque hidroeléctrico de alrededor de 4.500 MW de potencia eléctrica en la cuenca oriental y occidental del país, en la siguiente figura se muestra una descripción general esquema de captación, procesamiento y análisis del sector eléctrico

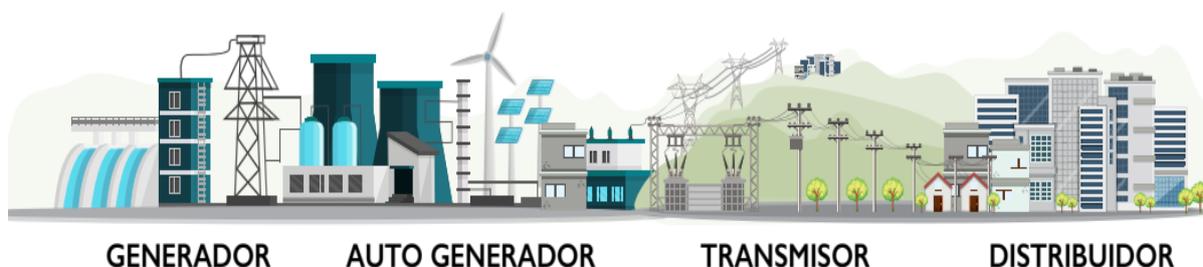


Figura 3.1. Esquema de captación, Procesamiento y Análisis
Fuente: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/>

3.2. Marco legal.

El marco legal es la parte más alta de la jerarquía normativa está la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, norma suprema a la que está sometida toda la legislación ecuatoriana, en el ámbito energético se establece, en los artículos 313 y 314 que “el estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos”, entre ellos es el de energía eléctrica, de “ conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia”, es decir representa las leyes, reglamentos y marco regulatorio vigente dividido por temas sectoriales, generación, transmisión, distribución, comercialización, alumbrado público general, administración y operación del Sistema Nacional Interconectado; y, transacciones internacionales de electricidad.

En la Constitución de la república de Ecuador, se cita los siguientes artículos, en la cual hacen referencia al Sector Eléctrico (ECUADOR, 2021), donde se describe o siguiente:

- Artículo Nro. 313.- “El Estado ecuatoriano se reserva el derecho de la administración, regulación y control de los sectores estratégicos”.
- Artículo Nro. 314.- “El Estado se hará responsable de la prestación de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento y energía eléctrica”.
- Artículo Nro. 315.- “Estado puede constituir empresas públicas para la gestión de los sectores estratégicos”.
- Artículo Nro. 316.- “El Estado ecuatoriano puede delegar la participación en los sectores estratégicos y empresas públicas de manera mixta, pero siempre tendría una mayoría en las acciones”.
- Artículo Nro. 339.- “La inversión extranjera directa será complementario a nivel nacional”.
- Art. 413.- El estado promoverá la Eficiencia Energética (Asamblea Nacional del Ecuador, 2015)

A continuación, se muestra la Constitución, Leyes y Reglamento.

CONSTITUCIÓN, LEYES Y REGLAMENTO	
CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008	
Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.	
LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (LOSPEE). La presente ley regula la participación de los sectores público y privado, en actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica, así como también la promoción y ejecución de planes y proyectos con fuentes de energías renovables, y el establecimiento de mecanismos de eficiencia energética.	LEY ORGÁNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA La presente Ley tiene por objeto establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética – SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país; al ser más eficiente, aumentar la productividad energética, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas.
REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Objetivo.- Establecer las disposiciones necesarias para la aplicación de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica -LOSPEE-, cumpliendo los principios constitucionales de accesibilidad, continuidad, calidad, eficiencia, y participación; garantizando la transparencia en todas sus etapas y procesos.	LEY ORGÁNICA DE DEFENSA DEL CONSUMIDOR El objeto de esta Ley es normar las relaciones entre proveedores y consumidores, promoviendo el conocimiento y protegiendo los derechos de los consumidores y procurando la equidad y la seguridad jurídica en dichas relaciones entre las partes.

Figura 3.2 Constitución, Leyes y Reglamento.
Fuente: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec>

3.2.1. LOSPPE: Ley orgánica del servicio público de energía eléctrica.

Esta Ley tiene el objetivo de garantizar el fiel cumplimiento de cada uno de los principios constitucionales como lo es la; obligatoriedad; uniformidad; generalidad; la universalidad; responsabilidad; la accesibilidad; regularidad; continuidad; calidad, así como la sostenibilidad ambiental; prevención; precaución, y eficiencia, por la parte del servicio público en lo que corresponde a la provisión de la energía eléctrica. Este instrumento legal procura normar bajo las convenciones y leyes el ejercicio de la responsabilidad del Estado ecuatoriano en lo referente a la planificación, regulación, control, y administración del servicio público de la energía eléctrica.

Esta leyes y normativa regulan la participación del sector público, así como el privado en las actividades inherentes, la cual están relacionadas con la provisión de la energía eléctrica a través de la red eléctrica pública, de igual manera la potenciación y la ejecución de proyectos que utilicen energías renovables, además de la implementación de los mecanismos enmarcados en la eficiencia energética, y la descripción de las atribuciones y deberes de los diversos agentes del mercado del sector.

3.2.2. MARCO REGULATORIO

El cual está dividido en 13 categorías, la cual corresponden a las siguientes:

- 1) Generación.
- 2) Generación Distribuida.
- 3) Transmisión.
- 4) Distribución.
- 5) Comercialización.
- 6) Autogeneración.
- 7) Temas Sectoriales.
- 8) Alumbrado Público General.
- 9) Energía Renovable.
- 10) Normativa Económica.
- 11) Administración y Operación del SIN.
- 12) Movilidad Eléctrica.

13) Transacciones Internacionales de electricidad.

Esto abarca 35 regulaciones vigentes en todos los ámbitos de la cadena productiva del sector eléctrico de manera ágil y práctica.

3.3. Sector eléctrico ecuatoriano.

La estructura del sector eléctrico especifica una conformación tanto institucional como empresarial, esta organización está acorde a lo establecido en el capítulo I de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE).

La **estructura Institucional** la conforman el MERNNR, ARCERNNR; OPERADOR CENACE, y los INSTITUTOS ESPECIALIZADOS. El sector eléctrico ecuatoriano se estructura de la siguiente manera:

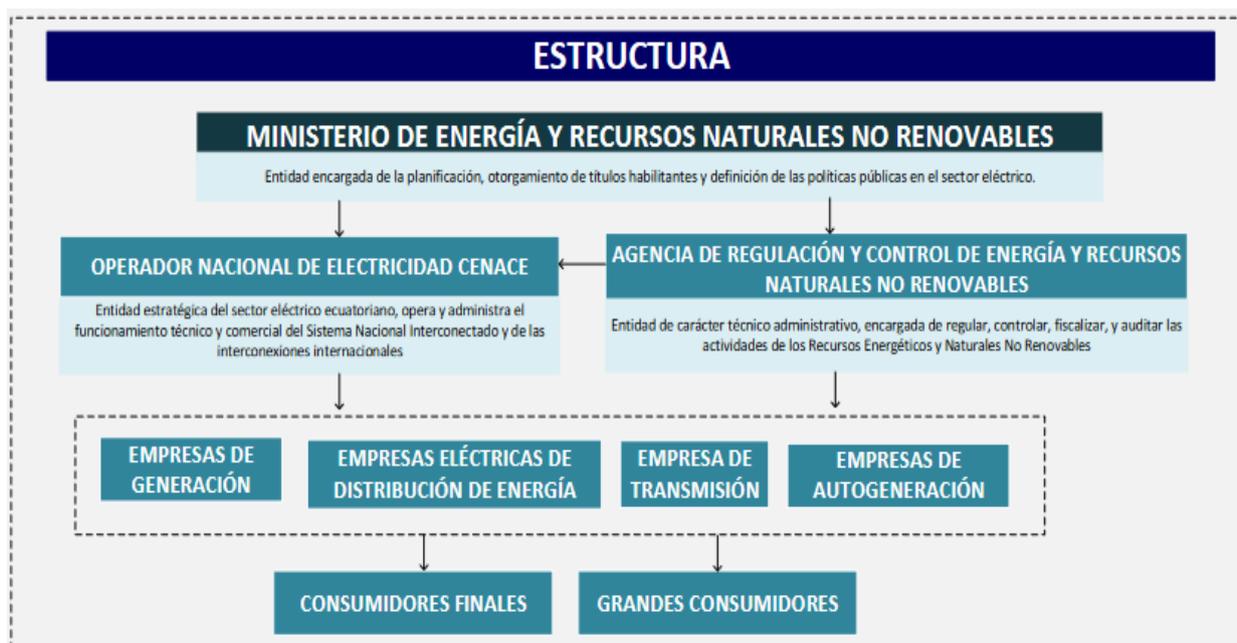


Figura 3.3. Estructura del sector eléctrico ecuatoriano.
Fuente: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/>

La **estructura Empresarial** lo conforman las empresas públicas, empresas de economía mixta, empresas privadas, consorcios o asociaciones, y empresas de economía popular y solidaria, las cuales participarán dentro de las actividades de generación, transmisión, distribución, comercialización,

alumbrado público, movilidad eléctrica y transacciones internacionales de energía eléctrica.

3.3.1. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR).

El MERNNR (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables) de Ecuador fue creado en 2018 por la fusión por absorción del Ministerio de Electricidad y Recursos Renovables, el Ministerio de Minería y la Secretaría de Hidrocarburos en el antiguo Ministerio de Hidrocarburos. El nuevo Ministerio se encarga de aumentar la eficiencia y la productividad de los recursos energéticos y minerales del país, así como el uso, suministro y calidad de la energía eléctrica. El ministerio tiene su sede en la ciudad de Quito. El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de la República del Ecuador (**MERNNR**) accede a toda la información sobre Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de la República del Ecuador (**MERNNR**). Es una empresa que opera principalmente en el sector Petróleo y Gas.

3.3.2. Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR).

Esta Agencia de Regulación y Control (ARC) fue creada el primero de julio de 2020 y surgió de la fusión de las **Agencias de Regulación y Control** Hidrocarburífero, Minero y de Electricidad, esta entidad **regula**, controla, fiscaliza y audita las actividades de los **recursos** energéticos y **naturales no renovables** del Ecuador, así como también todas las actividades inherentes con los servicios públicos de la energía eléctrica y de alumbrado público en general, aportando al desarrollo de manera sostenible y sustentable del sector estratégico de electricidad, precautelando el interés nacional, anteriormente se denominaba como la Agencia de Regulación y Control de Electricidad - ARCONEL)

3.3.3. CENACE.

El Operador Nacional de Electricidad (CENACE) es una entidad estratégica del sector eléctrico ecuatoriano, tiene por objeto ejercer la operación y administración del funcionamiento técnico y comercial del Sistema Nacional

Interconectado – SIN; la operación del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), y además de las interconexiones internacionales, esto con criterios de seguridad, calidad y al mínimo costo posible.

3.3.4. Sector operativo.

En el sector operativo del sector eléctrico tenemos dos grandes empresas públicas en Ecuador denominadas CELEC EP y CNEL EP.

3.3.4.1. CELEC EP.

Se la define como un servicio público estratégico, su función es la provisión de servicio eléctrico y éste debe responder además a todos los principios de obligatoriedad; generalidad; uniformidad; responsabilidad; universalidad; accesibilidad; regularidad; continuidad, y de calidad.

Entre las principales actividades de la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, se tiene las siguientes:

1. La generación, transmisión, distribución, comercialización, importación y exportación de energía eléctrica; para lo cual está facultada a realizar todas las actividades relacionadas como: a) La planificación, diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas no incorporados al Sistema Nacional Interconectado, en zonas a las que no se puede acceder o no resulte conveniente hacerlo mediante redes convencionales; b) Comprar, vender, intercambiar y comercializar energía con las empresas de distribución, otras empresas de generación, grandes consumidores, exportadores e importadores; c) Comprar, vender y comercializar energía con los usuarios finales en las áreas que, de acuerdo con la Ley que regula el sector eléctrico, le sean asignadas para ejercer la actividad de distribución y comercialización de energía eléctrica; d) Representar a personas naturales o jurídicas, fabricantes, productores, distribuidores, marcas, patentes modelos de utilidad, equipos y maquinarias en líneas o actividades iguales, afines o similares a las previstas en su objeto social; e) Promocionar, invertir y crear empresas filiales, subsidiarias, consorcios, alianzas estratégicas y nuevos emprendimientos para la realización de su objeto.

2. Asociarse con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, públicas, mixtas o privadas, para ejecutar proyectos relacionados con su objeto social en general.

2. Participar en asociaciones, institutos o grupos internacionales dedicados al desarrollo e investigación científica y tecnológica, en el campo de la construcción, diseño y operación de obras de ingeniería eléctrica.

3. Investigaciones científicas o tecnológicas y de desarrollo de procesos y sistemas y comercializarlos.

La CELEC EP tiene doce unidades de negocio, tal como se muestra en la siguiente tabla:

UNIDADES DE NEGOCIO - CELEC EP	
Nro.	Unidad de Negocio
Generación Hidroeléctrica	
1	Coca Codo Sinclair
2	Enerjubones
3	Gensur
4	Hidroagoyán
5	Hidroazogues
6	Hidronación
7	Hidropaute
Generación Térmica	
8	Electroguayas
9	Termoesmeraldas
10	Termopichincha
11	Termogas Machala
Transmisión	
12	Transelectric

Tabla 3.1. Unidades de Negocio CELEC EP.
Fuente: Autor

3.3.4.2. CNEL EP.

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad **CNEL EP**, tiene como objeto brindar el servicio público de distribución y comercialización de energía eléctrica, dentro del área asignada, bajo el régimen de exclusividad regulado por el estado, a efectos de satisfacer la demanda de energía eléctrica, en las condiciones establecidas en la normativa aplicable al sector eléctrico y suministrar electricidad a los consumidores.

La CNEL EP tiene once unidades de negocio, tal como se muestra en la siguiente tabla:

UNIDADES DE NEGOCIO - CNEL EP	
Nro.	Unidad de Negocio
1	CNEL UN Bolívar
2	CNEL UN El Oro
3	CNEL UN Esmeraldas
4	CNEL UN Guayaquil
5	CNEL UN Guayas Los Ríos
6	CNEL UN Los Ríos
7	CNEL UN Manabí
8	CNEL UN Milagro
9	CNEL UN Santa Elena
10	CNEL UN Santo Domingo
11	CNEL UN Sucumbíos

Tabla 3.2. Unidades de Negocio CNEL EP.
Fuente: Autor

3.4. Normativa y Regulaciones ARCERNNR (ex ARCONEL).

La ARCERNNR (Agencia de Regulación y Control) es el ente que ha emitido varias regulaciones garantizadas para que las empresas de Generación y Distribución cumplan con las regulaciones, por ello, se cita las normativas más importantes.

- a) ARCONEL Nro. 005/18.- “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica”.

- b) La CONELEC Nro. 003/08.- Que hace referencia a la “calidad del transporte de electricidad como del servicio de transición y conexión en el Sistema Nacional de Interconectado”.
- c) (Regulación Nro. CONELEC - 003/08).
- d) ARCONEL Nro. 003/18.- “La generación fotovoltaica es para el autoabastecimiento para el consumo final de energía eléctrica”.
- e) ARCONEL Nro. 001/18.- “Franjas de servidumbre y distancias de Seguridad”.

Hasta los actuales momentos bajo los lineamientos y disposiciones de la resolución Nro. 013/2021 y regulación Nro. 001/2021 (ARCERNNR, 2021) asociada a la resolución Nro. ARCONEL 042/18 y regulación ARCONEL # 003/18 la cual, será la que vamos a utilizar en nuestro proyecto en referencia, siendo importante detallar que la anterior regulación es una norma registrada con fecha 22 de Febrero de 2019, que tiene como objetivo principal el establecimiento de las condiciones para el normal desarrollo, implementación y participación se debe tener en consideración la instalación de un sistema de micro generación Sfv hasta 100 kW de capacidad nominal para consumidores residenciales o que tengan el interés en instalar sistemas fotovoltaicos de hasta 300 kW de capacidad nominal instalada; y, de hasta menos de 1000 kW, para los consumidores comerciales o industriales en el sector.

CAPITULO IV

4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

4.1. Localización del proyecto.

El proyecto se encuentra ubicado en la Av. Carlos Julio Km. 5 en el área administrativa de la Universidad Católica SG., en la facultad Técnica para el Desarrollo, frente a la ciudadela universitaria en la ciudad de Guayaquil, parroquia Ximena, a continuación, se muestra la localización:



Figura 4.1. Ubicación del proyecto fotovoltaico.
Fuente: Autor



Figura 4.2. Ubicación del proyecto fotovoltaico.
Fuente: Autor



Figura 4.3. Ubicación del proyecto fotovoltaico.
Fuente: Autor



Figura 4.4. Ubicación del proyecto fotovoltaico.
Fuente: Autor

4.2. Información de la facultad técnica (universidad).

La universidad cuenta con un equipo de medición eléctrica de tipo indirecta en medio voltaje con transformadores de potencia de relación 70/1 y transformadores de corriente de relación 100/5, factor de multiplicación por 1400; con tarifa comercial con demanda horaria en medio voltaje. Con referencia al mes de mayo de 2022 se tiene que la demanda de potencia facturable corresponde a 1890 kW (1,89 MW); un factor de potencia de 0,95%, y un consumo promedio de 284.200 kWh-mes, con un valor económico promedio de

la planilla energética de \$45.700, en la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar eléctrico general de la medición principal de universidad.

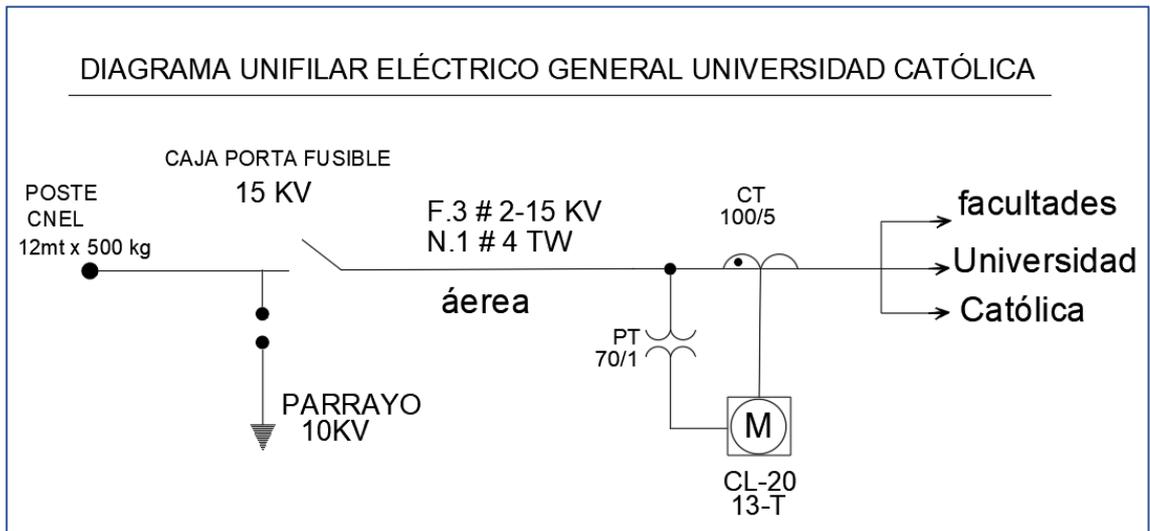


Figura 4.5. Diagrama unifilar eléctrico general.
Fuente: Autor

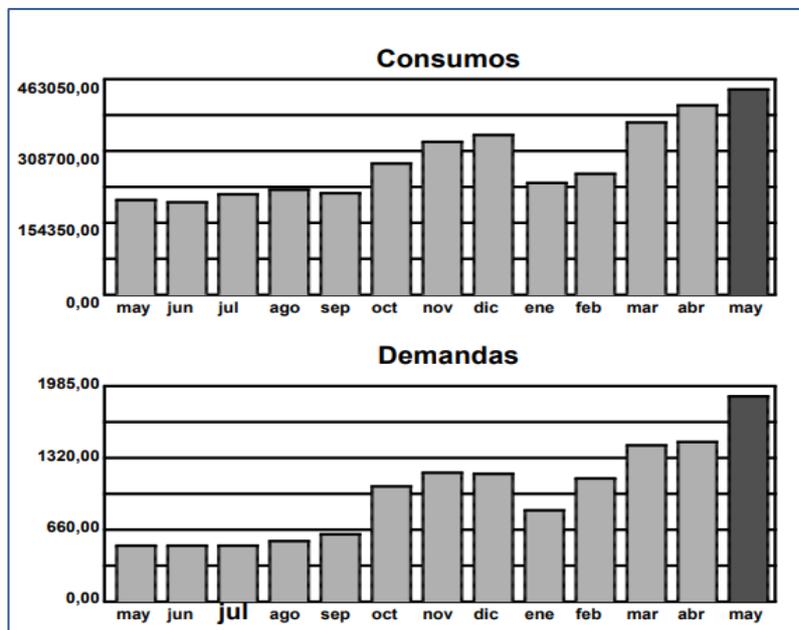
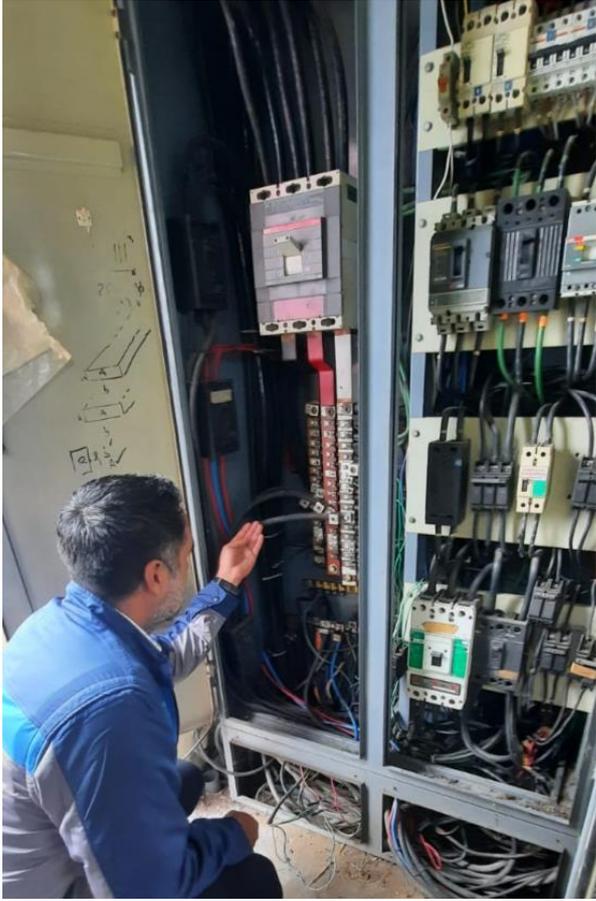


Figura 4.6. Consumos y demanda históricos.
Fuente: CNEL EP UNG

En las siguientes quince figuras se muestra el sistema de medición tipo semi directa, cuarto de transformadores, y protecciones de la facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.









En la siguiente figura se muestra las zonas o áreas administrativas de la facultad donde se encuentra todo el equipamiento eléctrico.

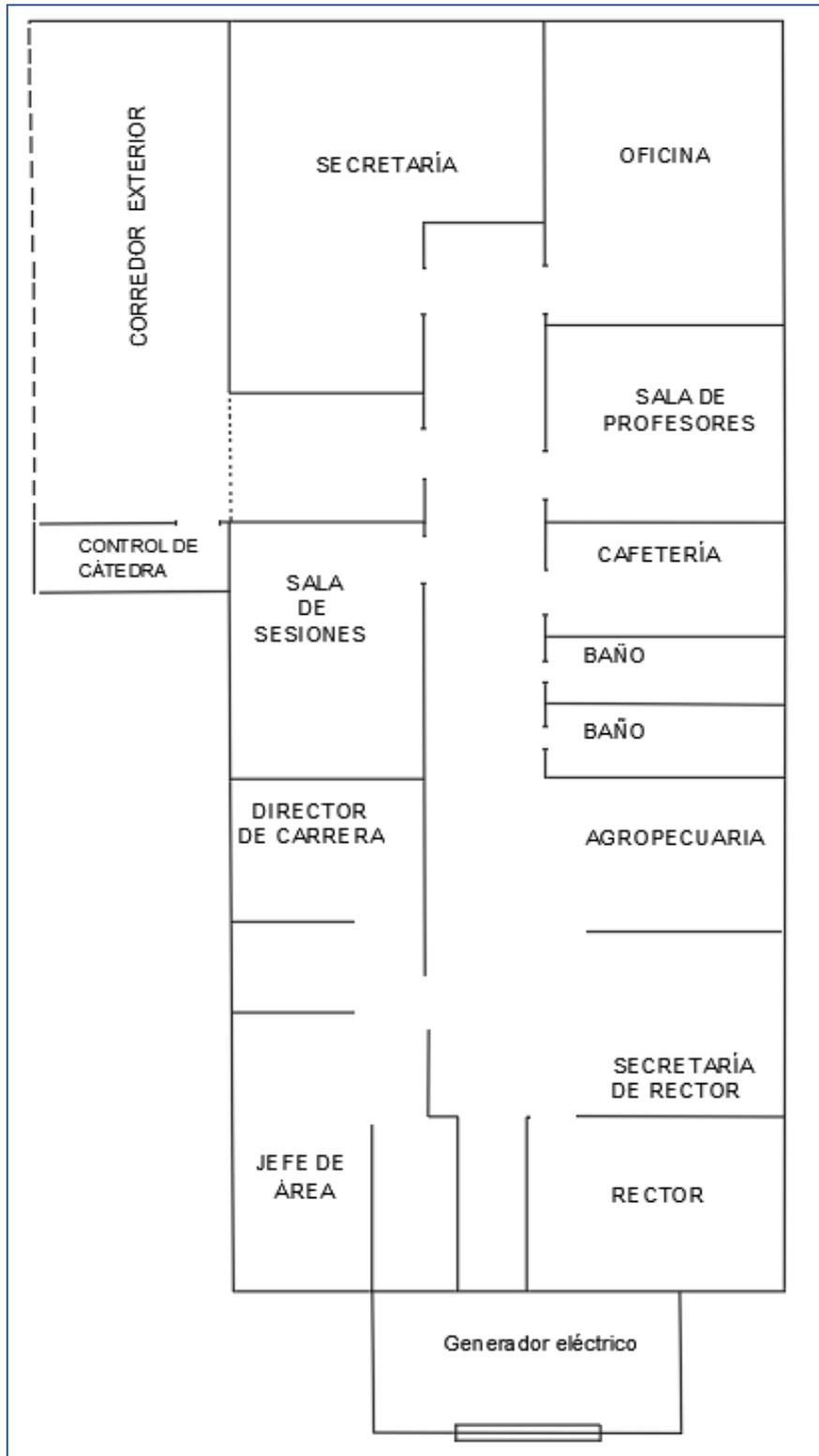


Figura 4.7. Zonas o áreas administrativas.
Fuente: Autor

En la siguiente figura se muestra la cantidad de equipos o aparatos eléctricos en sus respectivos puestos de trabajo con su respectiva potencia y el consumo estimado diario de cada uno de ellos.

Formulación de la potencia y el consumo vatio hora/día (Área administrativa-Facultad Técnica- UCSG)						
Equipo-Aparato	Cantidad	Potencia (watt)	Total potencia(watt)	Horas día	Consumo Wh/día	Uso
Aire acondicionado (18.000 BTU)-Split	2	1.650	3.300	8	22.440	AA de secretaria
Aire acondicionado (18.000 BTU)-Split	1	1.650	1.650	6	8.415	AA de oficina
Aire acondicionado (18.000 BTU)-Split	1	1.650	1.650	3	4.208	AA sala de profesores
Aire acondicionado (12.000 BTU)-ventana	1	1.280	1.280	4	4.352	AA de cafetería
Aire acondicionado (18.000 BTU)-Split	1	1.650	1.650	8	11.220	AA oficina de Agropecuaria
Aire acondicionado (12.000 BTU)-Split	1	1.135	1.135	8	7.718	AA de secretaria de rectorado
Aire acondicionado (24.000 BTU)-Split	1	2.350	2.350	6	11.985	AA de rectorado
Aire acondicionado (12.000 BTU)-Split	1	1.135	1.135	7	6.753	AA de oficina-corredor
Aire acondicionado (12.000 BTU)-Split	1	1.135	1.135	6	5.789	AA de jefe de área
Aire acondicionado (12.000 BTU)-ventana	1	1.280	1.280	6	6.528	AA de director de carrera
Aire acondicionado (24.000 BTU)-Split	1	2.350	2.350	2	3.995	AA de sala de sesiones
Aire acondicionado (8.000 BTU)-Split	1	950	950	6	4.845	AA de control de cátedra
TV	2	45	90	3	270	Televisores área administrativa
Iluminación	45	20	900	8	7.200	Iluminación interior área administrativa
Proyector	1	300	300	2	600	Proyector sala de sesiones

Computador de escritorio	12	250	3.000	8	24.000	Computadoras de escritorio oficinas administrativas
laptop (computador)	4	140	560	4	2.240	Computadoras laptop para oficinas administrativas
Impresora	2	130	260	2	520	Impresoras para oficinas administrativas
Surtidor de agua	1	180	180	8	1.440	Surtidor de agua para área administrativa
Reflectores	4	250	1.000	12	12.000	Iluminación exterior
Pantalla	1	200	200	2	400	Pantalla de proyección
Cafetera	1	260	260	2	520	cafetería área administrativa
Nevera	1	90	90	14	1.260	Nevera pequeña para área administrativa
Total Vatios (W)	87		26.705		148.697	Wh/día

Tabla 4.1. Consumo Wh/ día de equipos.
Fuente: Autor

4.3. Estudio potencial fotovoltaico.

La electricidad es una de las formas de energía más versátiles y que mejor se adaptan a cada necesidad, su utilización es tan extendida que difícilmente podrá concebirse una sociedad tecnológicamente avanzada y desarrollada que no hiciese uso de ella. Hoy en día existen miles de aparatos y/o equipos que, bien en forma de corriente continua o alterna, respectivamente, utilizan la electricidad como fuente de energía, en la cual el uso y aplicaciones han provocado un gran aumento de la demanda y de consumo eléctrico. Sobre la base de este contexto, este hecho ha propiciado la búsqueda de nuevas fuentes de energía y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados y fundamentados en el desarrollo y uso de energías renovables.

4.3.1. Definiciones.

Se define como la **IRRADIANCIA SOLAR** como la energía radiante por unidad de tiempo (E/t), es decir, potencia radiante con la capacidad de incidencia por unidad de superficie o área, dentro de un plano determinado de área, la cual se obtiene por la integración que proporciona la irradiancia en un periodo de tiempo determinado, el mismo que usualmente abarca una hora o un día, el

mismo se lo puede expresar como unidades de MJ/m², o también en kWh/m² (Lamigueiro, 2011).

Irradiancia solar directa es la Irradiancia de la radiación solar que alcanza una superficie en dirección similar a la de la línea recta desde el disco solar. Si el plano es perpendicular a esta línea.

La Irradiancia solar difusa es la Irradiancia de la radiación solar, la cual no alcanza el área o superficie en la misma dirección de la línea desde el disco solar.

La Irradiancia solar reflejada es la radiación por unidad de tiempo y por unidad de área o de superficie que es procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y de otros objetos, esta incide sobre un área. Se denomina también **Albedo**. Para el cálculo de las instalaciones solares contempladas en este marco no es considerada.

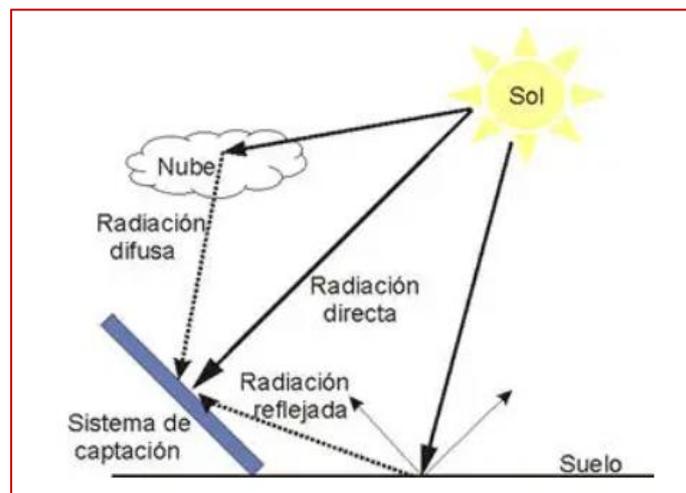


Figura 4.7.1. Tipos de radiación solar.
Fuente: <https://www.ingesco.com>

Irradiancia solar Global: La radiación global es toda la radiación solar que llega a la tierra y que se mide sobre una superficie horizontal en un ángulo de 180 grados, resultando de la componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa, en la siguiente figura se muestra los diferentes tipos de radiación.

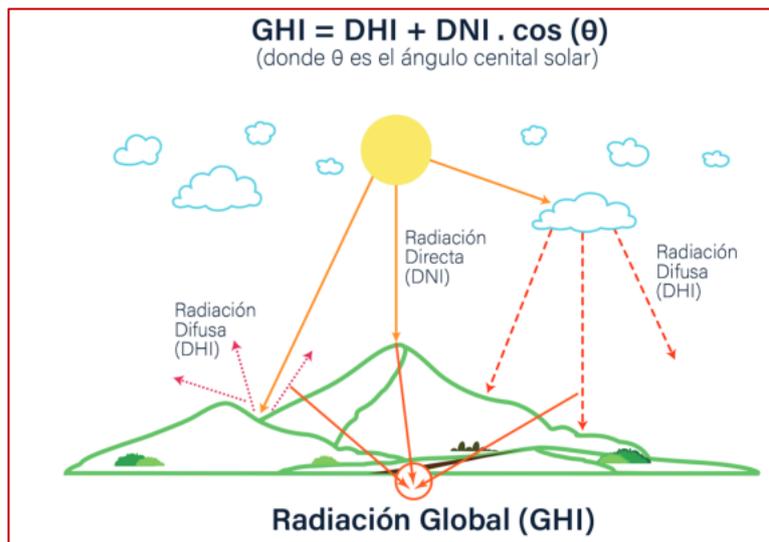


Figura 4.8. Irradiación horizontal Global.
Fuente: <https://www.ingesco.com>

Entre otros significados importantes tenemos los siguientes:

a) El **Azimut** que es el ángulo que forma el Norte y el de un cuerpo celeste, el cual es medido en sentido de rotación de las agujas del reloj alrededor del horizonte observador, por ejemplo, un cuerpo celeste que se halla al Norte tiene un azimut de 0°; uno al Este 90°; uno al Sur 180° y al Oeste uno de 270°.

b) Las **Energía Renovables** es que se hace referencia a cualquier tipo de energía en la cual se puede obtener de varias fuentes naturales, debido a sus diversas características, son consideradas inagotables, esto debido a la gran cantidad de energía que contienen, además de su capacidad de regenerarse de en el escenario de forma natural.

Estas se clasifican por su naturaleza en: a) la energía solar; b) eólica; c) hidráulica; d) biomasa; e) geotérmica; f) mareomotriz; y g) **Energía Solar fotovoltaica** la cual es aprovechada para utilización básica doméstica.

4.4. Irradiación promedio en la zona del proyecto.

Con la ubicación focalizada exactamente en el sector del proyecto y con la aplicación en tiempo real de acuerdo a la información suministrada por el

Global Solar ATLAS v 2.7 a junio de 2022 se tiene la irradiación a utilizar en los cálculos.

Sobre la base de los datos tomados generados por el Global Solar ATLAS v 2.7 encontramos una irradiación horizontal global de 4,487 kWh/m² por día, es decir:

$$\text{GHI} = 4,487 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{día}.$$

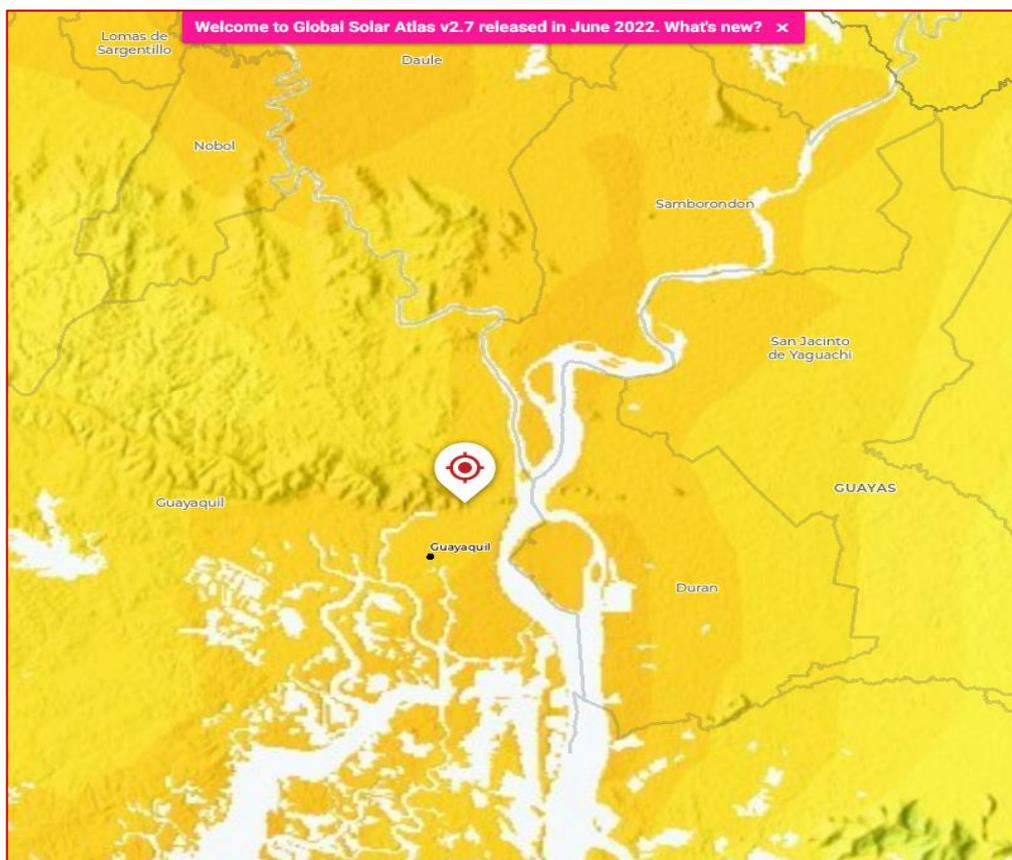


Figura 4.9. Zona del proyecto con la irradiación solar.
Fuente: <https://globalsolaratlas>

Utilizamos la Irradiancia solar Global (GHI) debido a que es la más recomendable ya que es la resultante de la componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa.

En el siguiente link se puede obtener información actualizada de los valores de irradiación:

<https://globalsolaratlas.info/map?c=6.511815,-65.786133,5&s=-0.878872,-79.321289&m=site&pv=small,0,2,1>

En la siguiente figura se muestra la información obtenida desde la ubicación del proyecto.

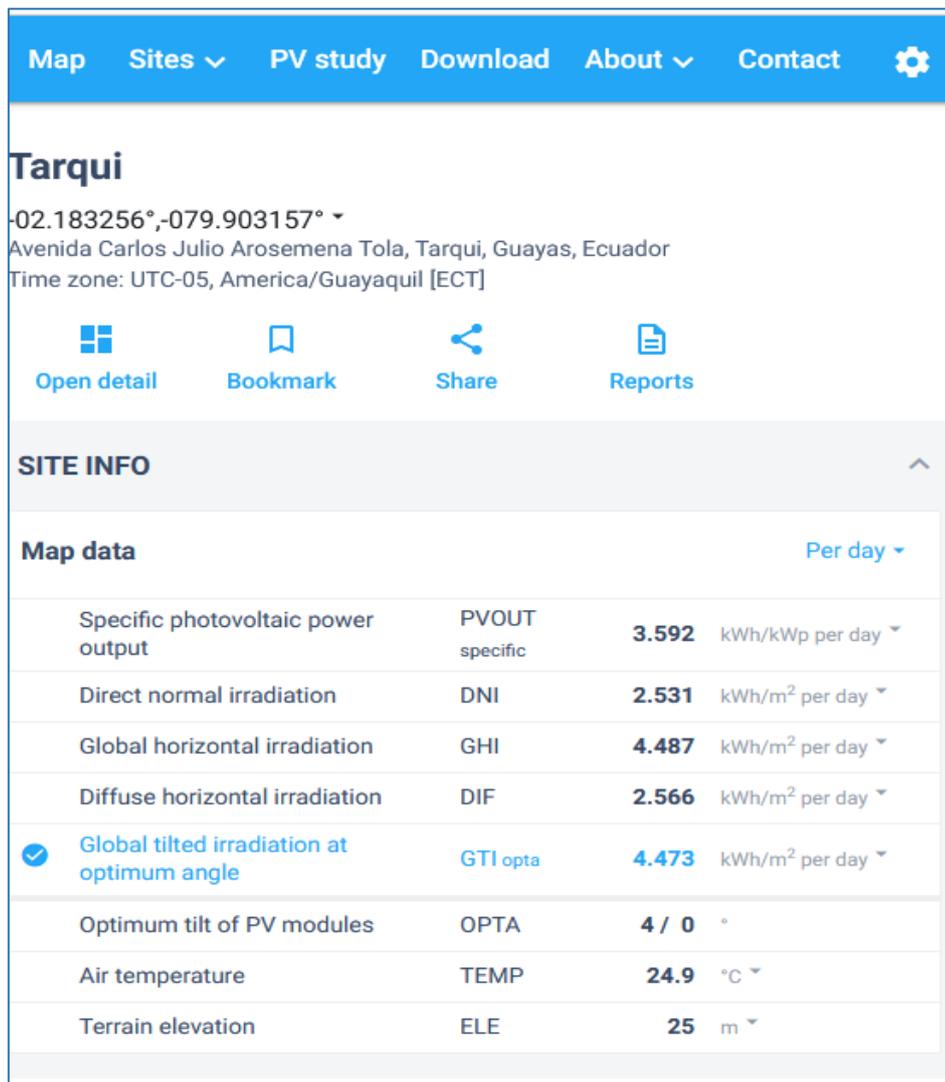


Figura 4.10. Zona del proyecto con la irradiación solar.
 Fuente: <https://globalsolaratlas>

En la siguiente figura se muestra toda la información obtenida desde la ubicación geográfica del proyecto en la universidad.

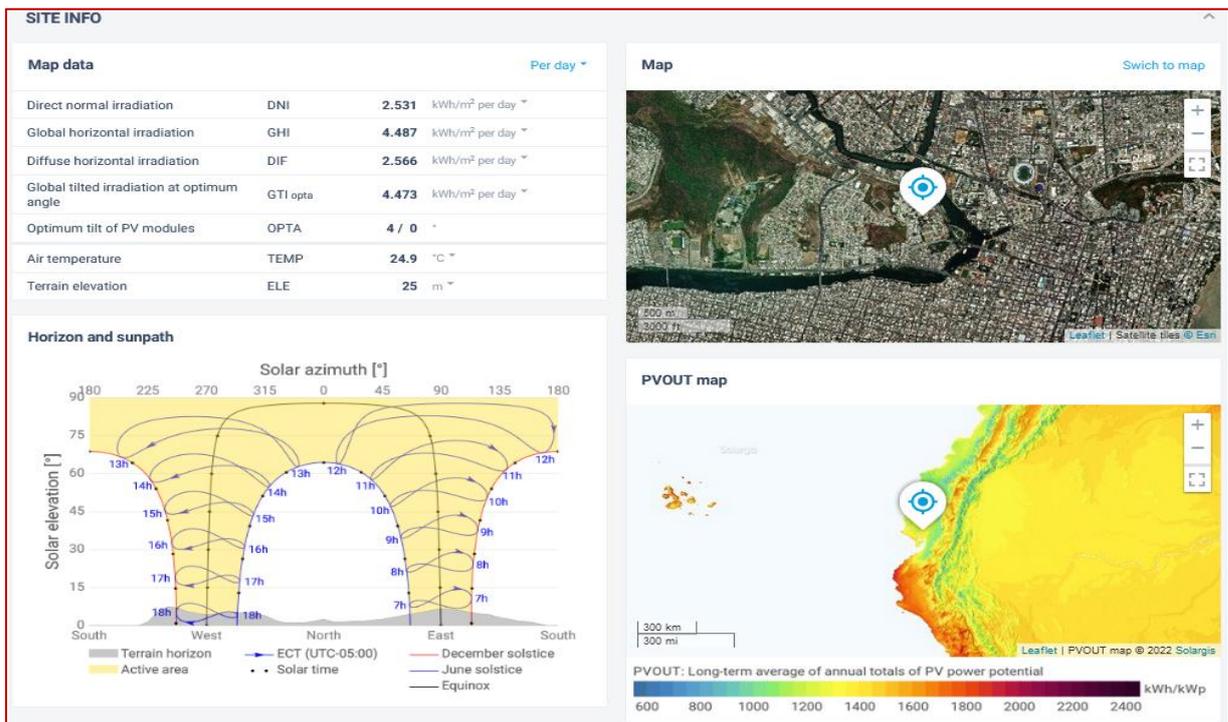


Figura 4.11. Zona del proyecto con la irradiación solar.
 Fuente: <https://globalsolaratlas>

4.5. Demanda Eléctrica y cálculo del consumo eléctrico por día para el dimensionamiento de la Red.

El consumo o energía eléctrica que se ha establecido para el proyecto corresponde a una energía diaria de 149 kWh/día, y 4.461 kWh/mes; la potencia de consumo promedio resultante de dividir por 24 horas resulta tener una cantidad de 6.196 vatios con relación a 148.697 Wh/día ; y de 7,435 watt con relación a los 178.437 Wh/día (esto con el 20% de margen de seguridad), estas cantidades se establecen teniendo en cuenta la cantidad de equipos eléctricos y horas de uso; donde la potencia total instalada corresponde a 26,705 kW de un total de 87 aparatos, en la siguiente tabla se muestra los cálculos y cantidades:

EL CONSUMO DE ENERGÍA, DEMANDA PROMEDIO					
CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA					
DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS EN CORRIENTES ALTERNA (120/240 VOLTIOS CA)					
EQUIPO /APARATO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORAS DE USO (promedio del total)	TOTAL ENERGIA NECESARIA POR DIA Wh/día	Margen de Seguridad 20% Wh/día
TOTAL	87	26.705	6	148.697	178.437
POTENCIA DE CONSUMO PROMEDIO DE (dividir entre 24 horas)			Watio	6.196	7.435
CONSUMO DE ENERGÍA DÍA			(kWh/día)	149	178,4367
CONSUMO DE ENERGÍA MES			(kWh/mes)	4.461	5.353
CONSUMO DE ENERGÍA AÑO			(kWh/año)	53.531	64.237
<i>Radiación obtenida (HSP)</i>		4,487	kW/m2/día		

Tabla 4.2. Cálculo del consumo eléctrico.
Fuente: Autor

Es importante considerar el margen de seguridad del 20% para el efecto de análisis y formulación tal como se muestra en la tabla.

CAPITULO V

5. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

5.1. Metrología en paneles solares fotovoltaicos.

La metrología es la ciencia que se dedica a las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para efectuarlas, así como de su verificación y calibración periódica. Un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad, según estos dos escenarios podemos distinguir entre colectores solares, lo cual producen agua caliente (generalmente de uso doméstico) utilizando la energía solar térmica, y de paneles fotovoltaicos, que originan electricidad a partir de la conocida radiación solar la cual incide directamente sobre las células fotovoltaicas del panel.

El Ecuador se encuentra en una ubicación privilegiada y estratégica en cuanto a recurso solar, siendo casi perpendicular la radiación que recibe, invariable durante el año y con un ángulo de incidencia constante; características que otorgan a la fotovoltaica un enorme potencial de aprovechamiento para su implementación.

La primera planta fotovoltaica en conectarse a la red está ubicada en la norteña provincia de Imbabura, con una potencia de 998 kW. La Universidad de Santiago de Chile inauguró un laboratorio de Radiometría y Fotometría con tecnología de punta que mide variables relevantes para la industria de la energía solar, la plataforma está localizada en la ciudad de Santiago y registra magnitudes radiométricas y fotométricas relevantes e importantes, incluida la irradiancia solar, de acuerdo a los informados por el Comité Solar Corfo, que financió la inversión.

Todos los patrones son homologables (trazables) a los empleados por el Centro Mundial de Radiación Solar en Davos y al Laboratorio Nacional de Referencia Alemán (PTB), el Laboratorio Metrológico de radiometría y fotometría: Asegura la calidad de las mediciones de magnitudes radiométricas y fotométricas relevantes para la industria solar Chilena, incluida la irradiancia solar.



Figura 5.1. Metrología de panel solar
Fuente: <http://inenmetrologia.blogspot.com>

5.2. Datos climatológicos.

El Ecuador se encuentra (como su nombre indica) en el ecuador y, por tanto, en la zona de clima tropical y cálido durante todo el año. Sin embargo, a pesar de su tamaño relativamente pequeño, los sectores de los Andes dan lugar a regiones climáticamente diversas. En la costa norte, hay un clima monzónico cálido incluso en invierno, con fuertes lluvias.

En las regiones montañosas, en cambio, es mucho más fresco y a partir de los 3.000 metros de altitud se producen incluso nevadas, mientras que en las tierras bajas cercanas a la costa la temperatura oscila entre los 25 y los 30 grados centígrados y también es seca durante la mayor parte del año. Por la noche, las temperaturas sólo bajan ligeramente, en la siguiente tabla se muestra los diferentes valores de temperaturas, cantidad de horas del sol, cantidad de días de lluvia y la cantidad de precipitaciones que pueden ser con caídas al suelo de agua, nieve, granizo, las mismas que se encuentran contenidas en la atmósfera.

DATOS CLIMATOLÓGICOS EN ECUADOR					
Provincia	Temperatura máx Ø día	Temperatura mín. Ø noche	Horas de sol	Días de lluvia	Precipitación (caída al suelo del agua, nieve, contenida en la atmósfera)
Cañar	16,9 °C	7,8 °C	1.898 h	104	577 l
Carchi	16,2 °C	7,3 °C	1.460 h	143	923 l
Chimborazo	16,9 °C	7,8 °C	1.898 h	104	493 l
Cotopaxi	29,9 °C	22,1 °C	876 h	122	2.325 l
Esmeraldas	28,8 °C	21,2 °C	803 h	168	3.238 l
Galápagos	28,5 °C	21,9 °C	2.300 h	66	526 l
Guayas	30,7 °C	21,9 °C	1.095 h	102	1.570 l
Imbabura	17,7 °C	7,5 °C	1.533 h	144	986 l
Loja	21,6 °C	12,4 °C	1.533 h	149	1.011 l
Los Ríos	29,9 °C	22,0 °C	913 h	118	2.310 l
Manabí	31,6 °C	21,7 °C	1.278 h	67	628 l
Morona-Santiago	26,7 °C	17,7 °C	1.059 h	258	4.822 l
Pastaza	26,7 °C	17,7 °C	1.059 h	266	4.771 l
Pichincha	18,7 °C	6,4 °C	1.789 h	172	1.507 l

Tabla 5.1. Datos climatológicos en Ecuador
Fuente: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl>

5.3. Elección de los componentes del sistema fotovoltaico.

Para el diseño y formulación hemos conservado los siguientes aspectos y consideraciones técnicas detalladas en los puntos siguientes.

5.3.1. Aspectos y consideraciones para el diseño.

En la siguiente tabla se muestra los calores referenciales recomendados para efectos de cálculos sobre la base de los consumos y potencia establecidos en el proyecto.

DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
<p>En la zona de tarquí en la provincia del Guayas - Ecuador en el sector de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil se registra una irradiación global horizontal lotal de 4,487 kWh/m²/día, valor obtenido a través de la información del "Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica" al dividirlo entre 1 000, pues las unidades de insolación del Atlas se encuentran en Wh/m²/día</p> <p>Para el cálculo de los paneles solares, vamos a trabajar con módulos monocristalinos MYSUN de 100 W, que son los más costo-eficientes del mercado local.</p> <p>Corriente máxima (pico): 5,72 amperios</p> <p>Tensión nominal: 12 voltios</p> <p>Para el cálculo de las baterías, tomamos como modelo la batería BATESOL. Según su catálogo comercial, posee las siguientes características:</p> <p>Profundidad de descarga: 60%</p> <p>Tensión nominal: 12 voltios</p> <p>Capacidad: 105 Ah</p> <p>Según la nubosidad de la localidad estudiada, hemos considerado suficiente tomar el valor de 3 días de autonomía para las baterías.</p> <p>Para el calculo de la unidad de control, la mejor opcion es trabajar con la marca HELIUS que posee modelos con intensidades de 10 en 10 Amperios</p> <p>Para el cálculo del inversor, trabajamos con inversores INVERSOL cuyas capacidades van de 250 en 250 Vatios</p>

Tabla 5.2. Consideraciones técnicas para el diseño
Fuente: Autor

5.3.2. Determinación de las cargas en corriente alterna.

Para la capacidad de la potencia que corresponde al panel en vatios Pico (Wp) se tiene una gran diversidad a nivel de potencia máxima proporcionada (Wp) de los paneles. Con base en estos criterios, se establece un rango de potencia pico del panel fotovoltaico de entre 250 Wp y 500 Wp para seleccionar la más eficiente, valorando de una manera más positiva los de 500 Wp debido a su eficiencia para la potencia instalada en la facultad.

DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS EN CORRIENTE ALTERNA		
1.- CARGA TOTAL DIARIA	7.435	Wh/día
2.- Factor inversor (CC – CA): 1,20 <i>(El total de cargas en CA se transforma en CC para estandarizar los cálculos posteriores. El factor 1,2 representa las pérdidas del inversor de voltaje).</i>		1,2
2.1.- Resulta: $7.435 * 1,2 = 8.921,84$ Wh/día		8.921,84 Wh/día
2.2.- Carga máxima pico (vatios)	26.705	Vatios

Tabla 5.3. Determinación de las cargas.
Fuente: Autor

5.3.3. Corriente pico del módulo (capacidad de la unidad de control).

Es sumamente importante determinar la capacidad de la unidad de control considerando las cargas de corriente alterna diaria, en nuestro caso los 8.921,8 vatios/hora/día, obteniendo una corriente pico del sistema de 198,837 amperios hora, tal como se formula en la siguiente tabla:

CORRIENTE PICO DEL MÓDULO (CAPACIDAD DE LA UNIDAD DE CONTROL)		
3.- Cargas CC (de cargas CA) diaria = 8.921,84 Vatios/hora/día	8.921,84	Vatios hora/día
4.- Tensión CC del sistema: 12 V	12	Voltios
5.- Carga diaria corriente CC (3 /4) = (8.921,84 vatios hora/día) / 12 V	743,486	Amperios hora
6.-Factor de seguridad (pérdidas del sistema) = 1,2	892,1835	Amperios hora
7.- Radiación solar : 4,487 kWh/m2 (Recuerde que las unidades en el Atlas son Wh/m2/día)	4,487	kWh/m2/día
8.- Corriente pico del sistema (6 /7) = 892,183 / 4,487 = 198,837 Amperios hora	198,837	Amperios hora

Tabla 5.4. Determinación de la corriente pico del sistema
Fuente: Autor

5.3.4. Dimensionamiento del módulo FV y cálculo del número de paneles.

El dimensionamiento es una metodología basado en la elaboración de cálculos, donde se especifican la potencia, el consumo de diseño, se incluyen los rendimientos del regulador de carga, de carga de la batería, y del inversor. Se trata de utilizar los modelos de los distintos componentes (radiación **solar**, generador, batería, regulador, entre otros elementos). En el proyecto propuesto se tiene una corriente pico del sistema de 198,8 amperios hora.

CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS NECESARIOS	
Consumo día Wh	178.437 Wh/día
Radiación obtenida (HSP)	4,487 kWh/m2/día
Potencia del panel fotovoltaico	385 Vatios(W)
Nº de paneles = Consumo diario / (potencia panel * HSP)	103,29 paneles
Redondeando	103 paneles

Tabla 5.5. Cálculo de cantidad de paneles fotovoltaico.
Fuente: Autor

5.3.4.1. Ubicación física de los paneles solares.

Se ubicarán los paneles en la loza se la facultad técnica para el desarrollo de la universidad.

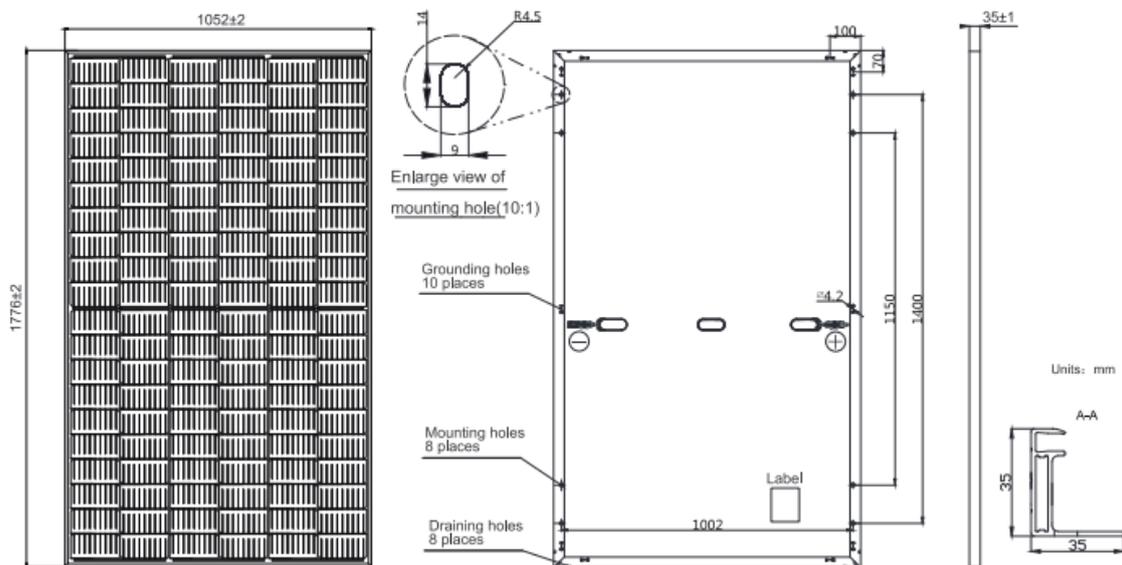


Figura 5.2. Cálculo de cantidad de Reguladores.
Fuente: autosolar.es/

5.3.5. Elección del inversor DC/AC.

El este dispositivo denominado inversor se incorpora a una serie de protecciones, es decir protecciones para la instalación solar como también para la red eléctrica, lo cual son obligatorias en las resoluciones emitidas por la ex ARCONEL (actual ARCERNNR), y de empresas Distribuidoras como la CNEL EP Unidad de Negocio Guayaquil, esto según el reglamento electrotécnico de bajo voltaje en vigencia, en la siguiente tabla se detalla el dimensionamiento del inversor.

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR	
29.- Carga máxima pico CA (punto 2.2.) = 2.6705 Vatios	26.705 Vatios
30.- Capacidad máxima pico CA del inversor = 2.6705 Vatios. Ver información del catálogo (debe ser mayor que el punto 30)	27.000 Vatios
<i>La Capacidad máxima pico CA del inversor corresponderá por lo menos el 50% adicional de la potencia calculada (se incluye el 20% adicional de la potencia en condiciones iniciales), es decir se tendría un 70% adicional más las consideraciones de los márgenes de seguridad establecidos, esto es debido a presencias de cargas inductivas, aumentos de temperaturas, aumento de cargas a futuro.</i>	40.500 Vatios

Tabla 5.6. Cálculo de cantidad de Reguladores.
Fuente: Autor

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de inversores a utilizar en el proyecto.

CANTIDAD DE INVERSORES	
Capacidad máxima pico CA del inversor establecido (vatios)	40.500
Considerando inversores de 5.000 vatios (5 kW)	5.000
Cantidad de inversores a utilizar	8,1
Cantidad de inversores a utilizar (redondeando)	8

Tabla 5.7. Cálculo de cantidad de Reguladores.
Fuente: Autor

5.3.6. Accesorios de la instalación.

Entre los principales accesorios para la instalación de un sistema fotovoltaico, tenemos entre las más principales las siguientes: Estructuras de paneles solares; accesorios para paneles solares; kit solares; material eléctrico; soportes; protecciones, entre otros.

Las **Estructuras de paneles solares**.- El tipo de soporte utilizado con los paneles solares es un elemento esencial para el máximo aprovechamiento de la radiación solar, con tipos de estructuras que aseguran la inclinación adecuada dependiendo de la base, soportan cambios de temperatura, fuertes rachas de viento y presentan una durabilidad inmejorable de hasta 25 años.

Los **accesorios para paneles solares** amplían las funciones o simplifican la instalación de los paneles solares en función de las necesidades y requisitos de la instalación fotovoltaica. Algunos de los accesorios para paneles solares van incluidos en los kits solares que requieren de ellos para su correcta instalación. Los kits solares son el conjunto de dispositivos que necesitas para realizar la instalación fotovoltaica que se adaptan tanto a viviendas aisladas como a viviendas conectadas a la red eléctrica entre otras aplicaciones de uso.

El **kit solar aislada** permite disponer de luz en lugares donde no llega la red eléctrica o por cualquier circunstancia no se quiere recurrir a compañías eléctricas. Estos kits de aislada incluyen paneles solares con garantía de 25 años, baterías solares, inversores y todos los elementos fotovoltaicos necesarios.

Los **kits solares de conexión a red** permiten generar y consumir electricidad durante las horas en las que la radiación solar es mayor. Todos los kits cuentan con la garantía del fabricante de cada dispositivo y permiten ahorrar en la factura de la energía eléctrica consiguiendo un ahorro anual considerable.

El material eléctrico está distribuido en diferentes materiales en función del tipo de accesorio fotovoltaico. Cada uno de los anteriores componentes de un sistema de energía solar usa diferentes tecnologías. Los cuales hacen a los sistemas más o menos robustos y brindan otro tipo de propiedades. El uso

de cada uno de estos componentes y la tecnología a usar depende mucho de la necesidad. Que se busca cubrir y las limitantes técnicas. Es decir, si se quiere un sistema portátil se deberá reducir peso en las baterías lo más conveniente puede ser usar baterías iones de litio. En casos de humedad muy alta se deben de usar controladores encapsulados con alto grado de protección al agua.

5.3.7. Diagrama unifilar eléctrico del sistema fotovoltaico.

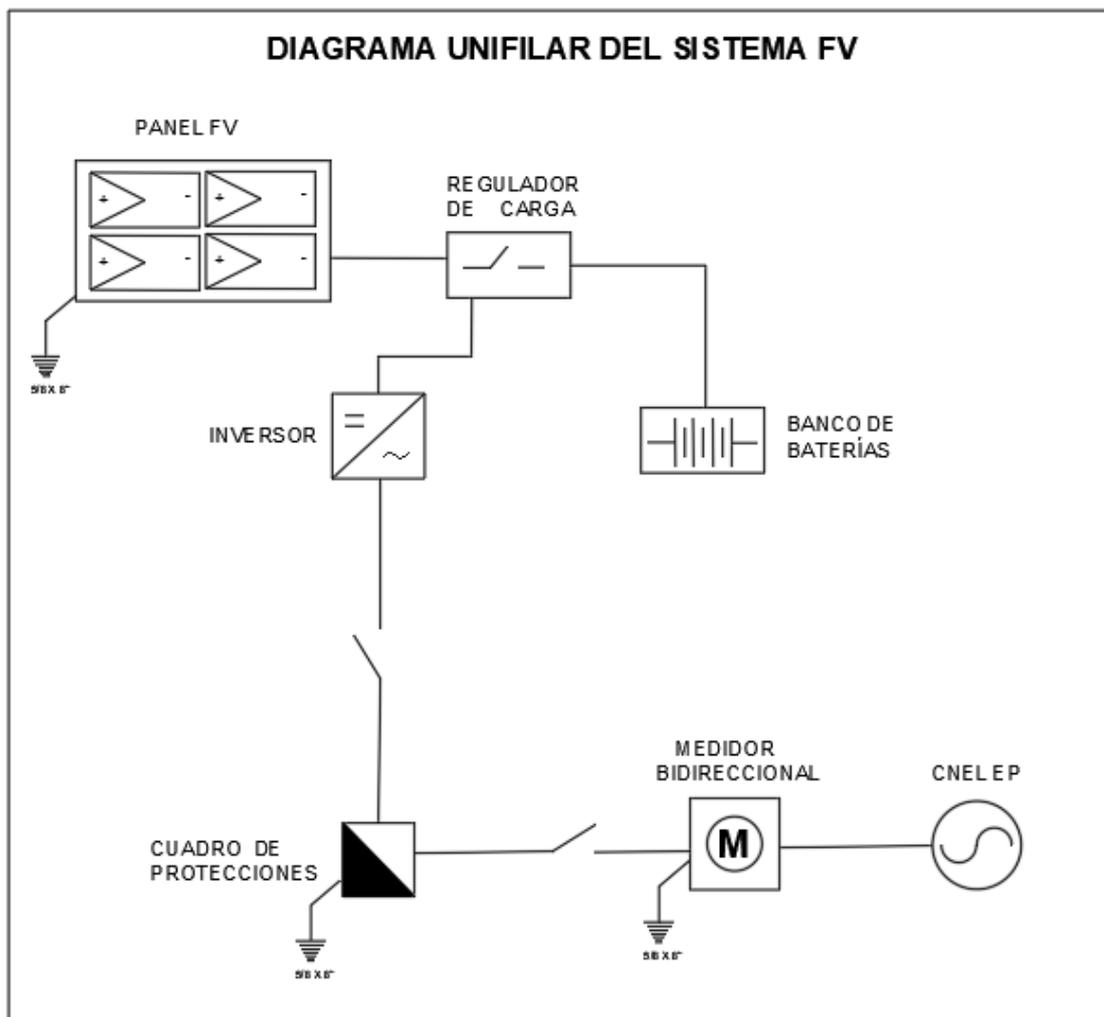


Figura 5.3. Diagrama unifilar eléctrico del sistema fotovoltaico.
Fuente: Autor.

5.3.8. Detalle general de especificaciones técnicas.

ITEM	COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	UNIDAD	DATOS TECNICOS	DETALLE DE INFORMACIÓN PORMENORIZADA
1	PANEL SOLAR DE 385 Watt	TIPO	MONOCRISTALINO	ANEXO N° 3
		MEDIAS CÉLULAS PER C monocristalinas	120	
		POTENCIA MÁXIMA	385W	
		OPEN CIRCUIT VOLTAJE (Voc)	35,04 V	
		SHORT CIRCUIT CURRENT (Voc)	11,53A	
		MAXIMUM POWER VOLTAGE (Vm)	41,78V	
		MAXIMUM POWER CURRENT (Im)	10,99A	
		MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE	1500V/DC	
		MODULE EFFICIENCY	20,60%	
		WATTS POSITIVE TOLERANCE	0 aprox. - + 5%	
		NUMBER OF DIODE	3	
		MOÓDULO DIMENSIONES(L/W/H)	1776 X 1052 X 35 mm	
		PESO	20,7 KG	
		VIDA UTIL	25-30 AÑOS	
2	CONTROLADOR DE VOLTAJE (REGULADOR DE CARGA)	CORRIENTE MÁXIMA	50 A	ANEXO N° 4
		VOLTAJE MÁXIMO	48 VDC	
3	INVERSOR	TENSIÓN DE SALIDA CA	220/230 Vac	ANEXO N° 5
		TENSIÓN DE SALIDA CA (nominal)	184 -264,5 Vac	
		CORRIENTE DE MÁX.DE SALIDA CONTINUA	23 AMPERIOS	
		DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD)	< 3 %	
		FACTOR DE POTENCIA	1, ajustable de -0,9 a 0,9	
		MÁXIMA POTENCIA DE CC	7750 W	
		FRECUENCIA CA (nominal)	50/60 + - 5	
		TENSIÓN DE ENTRADA CC nominal	380 VAC	
		TENSIÓN MÁXIMA DE ENTRADA	480 VDC	
		CORRIENTE MÁXIMA DE ENTRADA	13,5 Adc	
		PROTECCIÓN CONTRA POLARIDAD INVERSA	SI	
		RENDIMIENTO MÁXIMO DEL INVERSOR	99,20%	
		PESO	9 kg	
		DIMENSIONES	280 x 370 x 142	
SEGURIDAD	IEC 62109-1/2			
4	BATERIA (ACUMULADOR ESTACIONARIO)	TIPO	BAE 2V 877 Ah (compuesto por 6 acumuladores estacionarios)	ANEXO N° 6
		VOLTAJE	48V	
		CAPACIDAD	877 Ah	

Tabla 5.8. Detalle general de especificaciones técnicas
Fuente: Autor

5.4. Software PVsyst

El software PVsyst está especializado en la simulación y análisis de sistemas fotovoltaicos, ampliamente utilizado por ingenieros, investigadores y profesionales del sector de la energía solar. A continuación, se muestran las principales características y funcionalidades:

5.4.1. Características Principales de PVsyst

- a) **Simulación de Sistemas Fotovoltaicos:** realiza simulaciones detalladas de sistemas fotovoltaicos conectados a la red, sistemas aislados, y sistemas híbridos (combinación de solar con otras fuentes de energía). Permitiendo el análisis de comportamiento energético a lo largo del año, considerando variantes diarias y estacionales en la irradiancia solar y condiciones climáticas.
- b) **Diseño de Sistemas:** Cuenta con herramientas para dimensionar y diseñar los componentes del sistema fotovoltaico, como módulos solares, inversores, y baterías. Optimiza la configuración para maximizar el rendimiento y eficiencia.
- c) **Base de Datos Climatológica:** el software cuenta con una amplia base de datos climatológica con información sobre la irradiancia solar y las condiciones meteorológicas de distintas ubicaciones alrededor del mundo.
- d) **Análisis Económico:** cuenta con unas herramientas para realizar análisis económicos y evaluar la rentabilidad del proyecto fotovoltaico. Permite calcular el retorno de la inversión (ROI), el valor presente neto (VPN), y otros indicadores financieros importantes.
- e) **Estudios de Sombras:** Realiza estudios detallados de sombras para evaluar el impacto de las sombras en el rendimiento del sistema. También, puede modelar entornos en 3D para una evaluación precisa de las sombras proyectadas por edificios, árboles, y otras estructuras.
- f) **Informes y Resultados:** Genera informes de los resultados de las simulaciones, incluyendo gráficos y tablas que muestran el rendimiento energético, las pérdidas del sistema, y otros parámetros clave.
- g) **Compatibilidad y Exportación de Datos:** facilita la exportación de resultados siendo compatible con otros software y herramientas de

diseño, permitiendo la exportación de datos y la integración con programas de CAD y GIS.

5.5. Creación de proyecto

Para la primera etapa se procede a crear el proyecto, donde se establece la ubicación geográfica y se agrega los detalles específicos del mismo. Tal como lo muestra la figura siguiente:

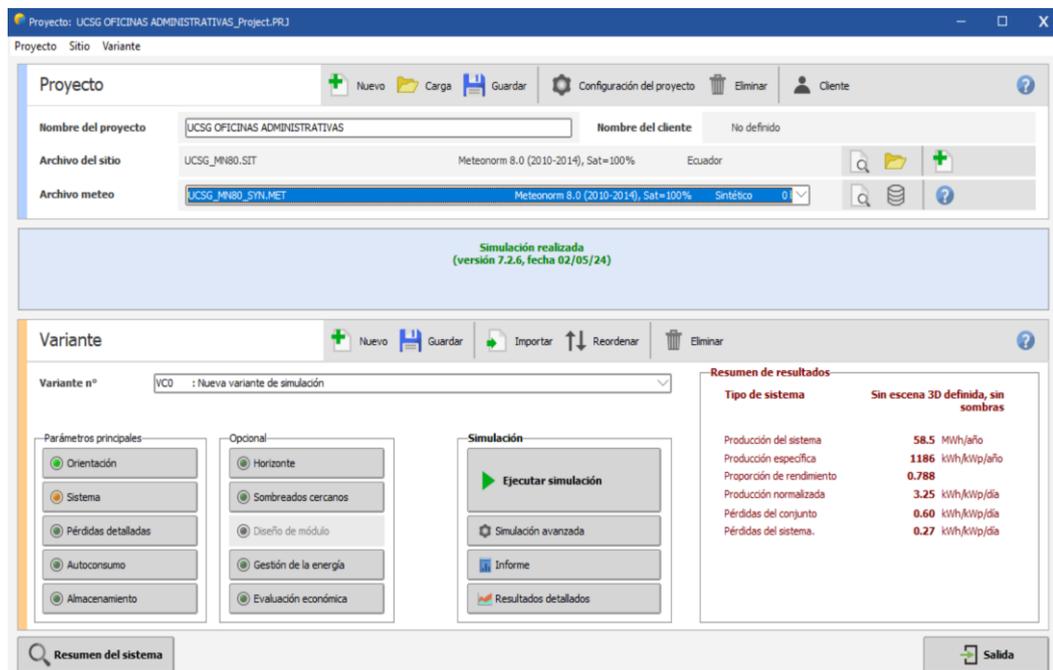


Figura 5.4. Detalles específicos el sistema fotovoltaico.
Fuente: software PVSyst.

5.6. Selección de ubicación

Se procede a ubicar el punto geográfico del proyecto y con ello conoceremos la coordenadas geográficas y altura, como lo muestra la figura siguiente:

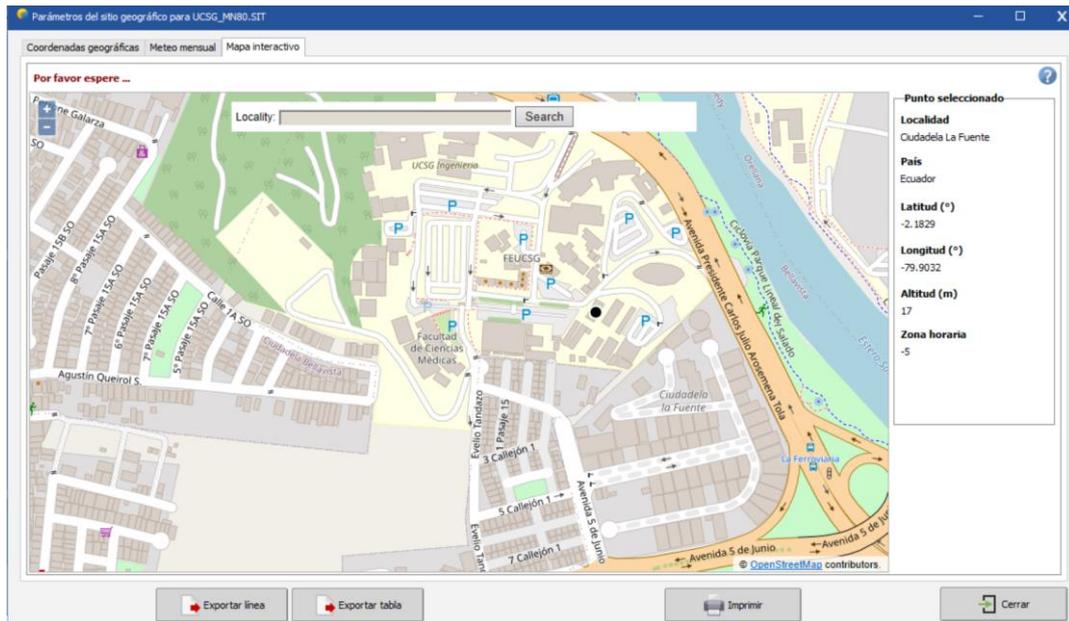


Figura 5.5. Ubicación del punto geográfico.
Fuente: software PVSyst.

5.7. Detalle Meteorológico

Una vez seleccionada la ubicación, el software nos pedirá que indiquemos con que base de datos se desea trabajar, para efectos de estudio se eligió Meteo. La figura 5.11, muestra que la irradiación global promedio diaria es 4.34 kWh/m²/día y la irradiación difusa que incide sobre un plano horizontal de una superficie plana es 2.54 kWh/m²/día

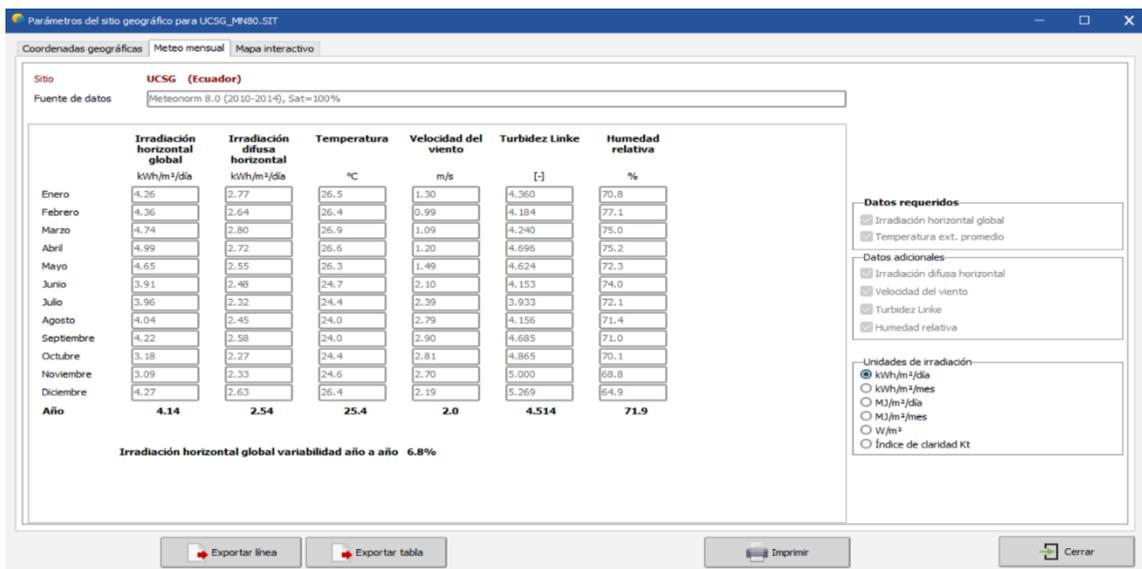


Figura 5.6. Detalle meteorológico.
Fuente: software PVSyst.

5.8. Inclinación y sombra

Previo a la selección, el software no pide indicar la inclinación de los módulos fotovoltaicos propuestos de acuerdo al azimut de la zona de trabajo. La figura 5.12 indica que con un ángulo de inclinación de 12° el conjunto de paneles presenta una pérdida con respecto al óptimo de 0%.

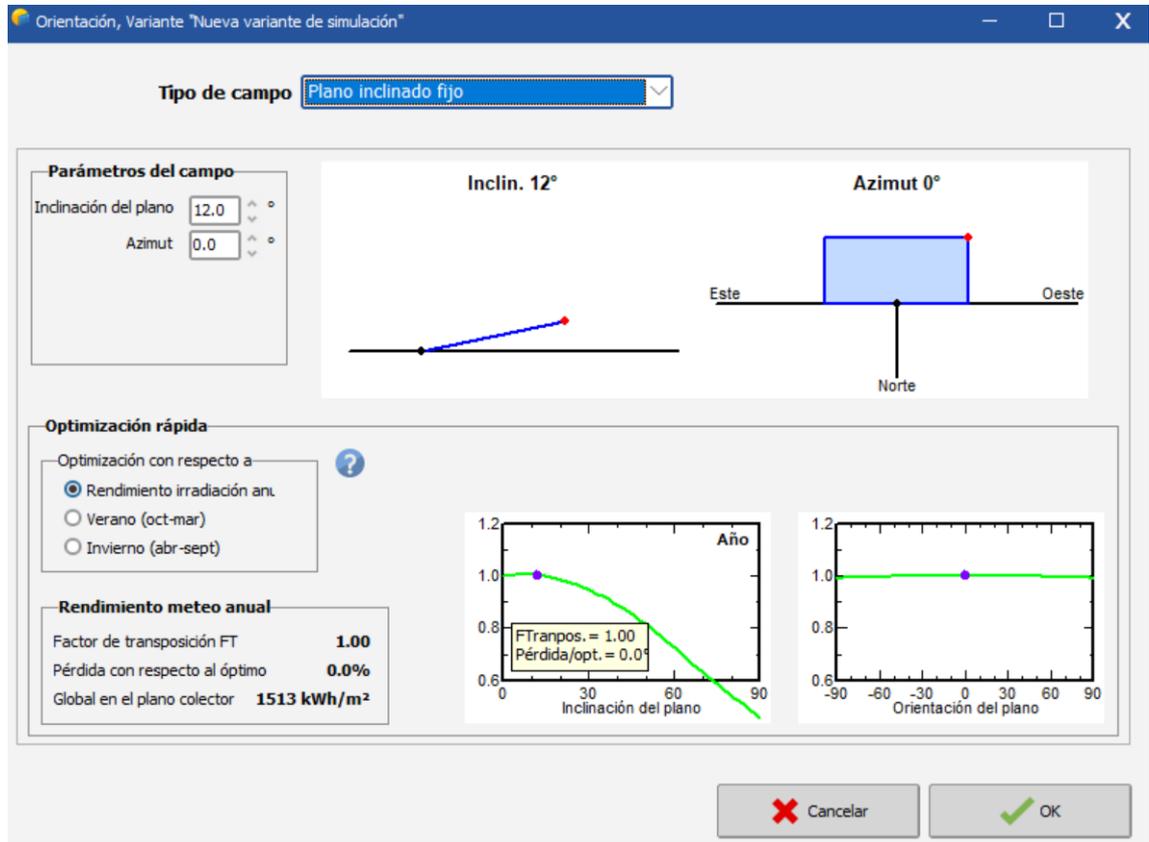


Figura 5.7. Inclinación y sombra.
Fuente: software PVSyst.

5.9. Dimensionamiento del sistema

El software nos pide que indiquemos el área en m^2 o la potencia que requiere el sistema, una vez indicada cualquiera de las dos opciones automáticamente nos pide que seleccionemos la potencia unitaria y nivel de tensión de un módulo para luego realizar las cadenas correspondientes y proponer el inversor de acuerdo con el arreglo fotovoltaico. La figura siguiente muestra que la potencia planteada para el proyecto es de 50KWp y se seleccionó como modulo a un panel marca Neosun Energy de 385W y 34Vdc. El sistema automáticamente indica que el inversor propuesto debería tener una potencia mayor a 50KWp, por lo que

selecciona dos inversores de 30KW con voltaje de operación 450 – 700Vdc. El software también indica que la configuración tendrá un total de 128 módulos fotovoltaicos en 8 paralelos de 16 series que se conectaran a las entradas MPPT de los inversores.

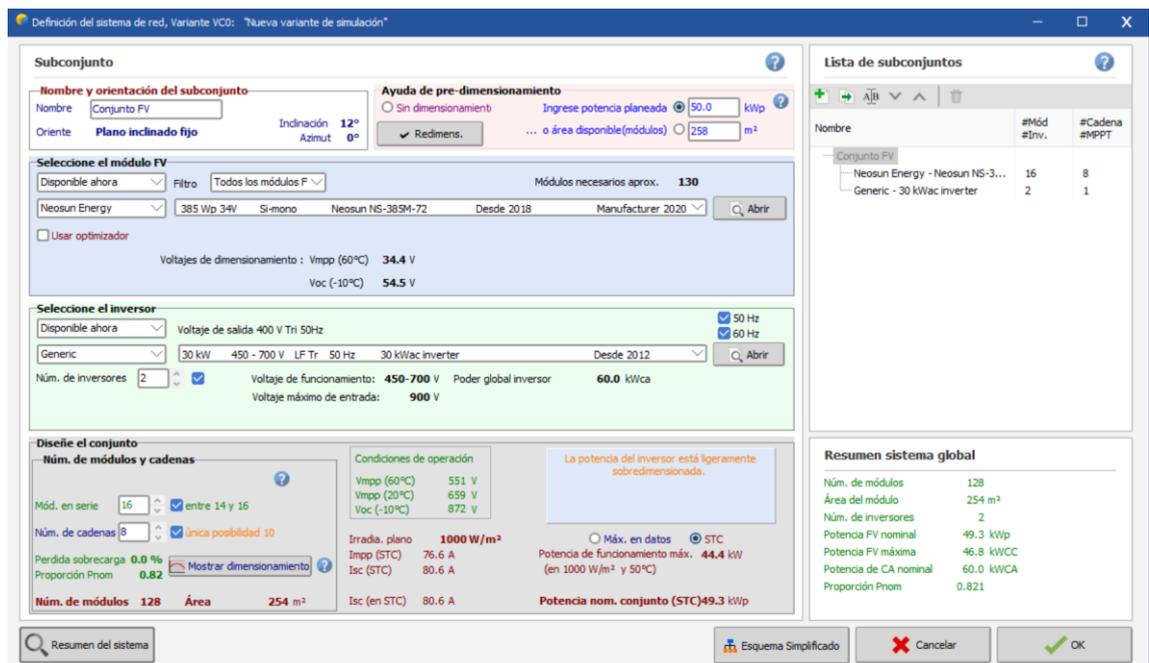


Figura 5.8. Dimensionamiento del sistema.
Fuente: software PVSyst.

5.10. Pérdidas y producción del sistema

La figura x, muestra en la barra color azul con 0.6 kWh/kWp/día representa las pérdidas por captación de irradiación al conjunto fotovoltaico, la barra color verde con 0.27 kWh/kWp/día representa las pérdidas por conexiones al inversor, conversión de la energía y misceláneos, finalmente la barra color marrón con 3.25kWh/kWp/día representa la energía producida del sistema, donde en los meses de marzo a mayo de acuerdo a la ubicación geográfica, el sistema fotovoltaico presenta una mayor producción de energía. Sin embargo, en los meses de octubre y noviembre el sistema disminuye su capacidad de generación de energía.

Producciones normalizadas (por kWp instalado)

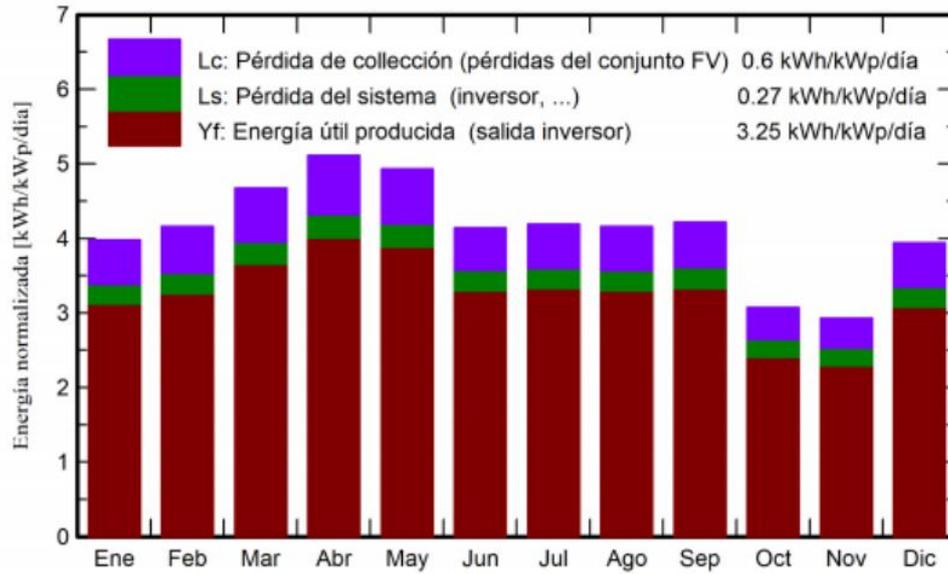


Figura 5.9. Pérdidas y producción del sistema.
Fuente: software PVSyst.

5.11. Balance y resultados del sistema

La siguiente tabla nos muestra el sistema propuesto, teniendo una producción proyectada de generación anual de 58.45MWh con un rendimiento del 78.8%.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	132.2	85.83	26.50	123.3	119.2	5.177	4.771	0.785
Febrero	122.0	73.98	26.35	116.5	113.1	4.880	4.502	0.784
Marzo	146.9	86.95	26.90	144.9	141.2	6.036	5.592	0.783
Abril	149.6	81.56	26.57	153.5	150.1	6.389	5.931	0.784
Mayo	144.2	79.04	26.31	152.8	149.4	6.410	5.946	0.789
Junio	117.3	74.33	24.70	124.2	121.3	5.286	4.882	0.798
Julio	123.0	71.77	24.36	129.9	126.9	5.506	5.085	0.794
Agosto	125.1	76.02	24.01	128.9	125.8	5.457	5.037	0.793
Septiembre	126.5	77.45	24.03	126.4	123.1	5.341	4.929	0.791
Octubre	98.5	70.51	24.39	95.4	92.4	4.043	3.676	0.782
Noviembre	92.6	69.79	24.58	87.9	85.1	3.742	3.395	0.783
Diciembre	132.3	81.61	26.43	122.2	118.2	5.117	4.707	0.782
Año	1510.1	928.85	25.42	1506.0	1465.8	63.386	58.455	0.788

Figura 5.10. Balance y resultados del sist.
Fuente: software PVSyst.

CAPITULO VI

6. COSTOS Y ESTUDIO FINANCIERO

6.1. Costo del sistema fotovoltaico interconectado a la red.

Para poder analizar y formular la factibilidad del proyecto fotovoltaico, es necesario tener en conocimiento la viabilidad comercial, la financiera, y la técnica, así como las bondades y beneficios que aporta el sistema, de tal manera que el proyecto sea autosostenible, siendo importante regirse a las disposiciones y convenciones que exige el marco legal vigente, certificando y garantizando la legitimidad y confiabilidad del sistema eléctrico al momento de ejecutar su funcionamiento y desarrollo de sus operaciones, tal como lo es el generador de energía alternativa. En nuestro país (Ecuador) la implementación de sistemas fotovoltaicos que están interconectado a la red eléctrica se enmarcan en la normativa asociada a la resolución del ARCERNNR-013/2021 en donde clasifica con el término de generador distribuido para el autoabastecimiento a sistemas con capacidad hasta 100 kW de potencia eléctrica, y en el artículo 67 de la ley orgánica de servicio público de electricidad detalla que para este tipo de sistemas, estos se encuentran exonerados a impuesto a la renta por generación por medio de fuentes renovables.

En lo relacionado a la viabilidad de tipo comercial, en parte se evalúa que tan rentable ha sido la implementación del sistema fotovoltaico en función de los costos de facturación energética de una distribuidora, y además de los beneficios y bondades aportados en función del tiempo. Estos sistemas fotovoltaicos se clasifican desde el punto de vista económico y financiero como un proyecto auto sostenible, el cual requiere una inversión inicial que durante el tiempo se recupera la inversión.

6.2. Evaluación económica y presupuesto referencial del proyecto.

El proyecto fotovoltaico en la facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, se ha considerado los costos de cada equipo a implementar; el

transporte; la mano de obra calificada; costos de operación y mantenimiento, así como el estudio y asesoría técnica profesional.

6.2.1. Identificación y valoración de la inversión total, Costos de Operación y Mantenimiento.

En la siguiente tabla se muestra el detalle de la inversión total del proyecto:

Artículo	Cantidad unidades	Costo USD	Total USD
Módulos FV			
Neosun NS-385M-72	128	202.00	25'856.00
Soportes para módulos	128	50.00	6'400.00
Inversores			
30 kWac inverter	2	3'400.00	6'800.00
Otros componentes			
Accesorios, sujetadores	1	100.00	100.00
Cableado	1	300.00	300.00
Caja de conexiones	1	550.00	550.00
Sistema de monitoreo, pantalla de visualización	1	400.00	400.00
Sistema de medición, piranómetro	1	200.00	200.00
Pararrayos	1	1'200.00	1'200.00
Estudios y análisis			
Análisis Económico	1	3'255.00	3'255.00
Instalación			
Costo de instalación global por módulo	128	50.85	6'508.80
Transporte	1	200.00	200.00
Ajustes	1	100.00	100.00
Total			51'869.80
Activo amortizable			39'156.00

Tabla 6.1. Identificación y valoración de la inversión total (Sin Baterías).
Fuente: Autor

La tabla 6.1 muestra el presupuesto del proyecto fotovoltaico interconectado a la red, con un valor total de \$ 51,869.80 USD. Por el valor del monto se considera como proyecto de inversión a largo plazo.

Artículo	Total USD/año
Mantenimiento	
Salarios	1'000.00
Reparación	250.00
Limpieza	100.00
Total (OPEX)	1'350.00

Tabla 6.2. Presupuesto de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico
Fuente: Autor

La tabla 6.2. muestra el valor anual que se cobrara por mantenimiento del sistema fotovoltaico, este valor será aumentado cada año con la finalidad de que el sistema cumpla su lapso de vida útil de 25 años.

6.3. Cálculo de la facturación comercial con el Pliego Tarifario vigente.

Facturación Comercial CNEL EP – 2022 (prorrogada del 2021), se calcula con base en una tarifa comercial con demanda en bajo voltaje, con punto de entrega en medio voltaje, tal como se muestra en la siguiente tabla:

COMERCIAL CON DEMANDA					
COMERCIALES CON DEMANDA (Bajo Voltaje). Pliego 2022					
COMSUMO kWh		RANGO	USD/kWh	kWh mes	USD/kWh mes
DESDE	HASTA	kWh			
0	SUPERIOR	TODO	0,092	5.461	\$ 502,42
DEMANDA DE FACTURACIÓN					
USD/kW			kW		
4,055			12,24		\$ 49,63
TOTAL					\$ 552,05

DF = Demanda Facturable.

$$DF = \begin{cases} 60\% \times DM_{\max 12} & \text{Si } DM < 60\% \times DM_{\max 12} \\ DM & \text{Si } DM \geq 60\% \times DM_{\max 12} \end{cases}$$

Mes	uno	dos	tres	cuatro	cinco	seis
kW máx.	12	15	14	12	13	14

Mes	siete	ocho	nueve	diez	once	doce
kW máx.	15	16	15	14	17	12,24

Demanda máx. en el Mes registrada (medidor) **DM =** **12,24**

60% de la DM máx. Últimos 12 meses (histórico) = **10,2**

DF (Demanda Facturable) =	12,24
----------------------------------	--------------

Tabla 6.1. Detalle del cálculo energético- económico de la planilla de consumo mensual
Fuente: Autor

6.3.1. Detalle del Pliego tarifario Vigente - CNEL EP 2022 - Unidad de Negocio Guayaquil.



PERIODO: ENERO - DICIEMBRE

CNEL UN GUAYAQUIL

NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE CON DEMANDA		CONSUMOS kWh- mes: 0-300: 1,414 301-500: 2,826 501-1000: 4,240 > 1000: 7,066
	COMERCIALES		
	4,055	0,092	
	INDUSTRIALES		
	4,055	0,082	
	ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,055	0,082	
	BOMBEO AGUA		
	4,055	0,072	

Resolución Nro. ARCERNNR – 003/2021 (08 de marzo de 2021)

Figura 6.3. Detalle general de la tarifa aplicada
Fuente: ARCERNNR

6.3.2. Detalle de factura de consumo eléctrico mensual - CNEL EP 2022 - Unidad de Negocio Guayaquil.

COMERCIALIZACIÓN (Año 2020)			FORMULACIÓN	
Consumo (kWh-mes)			kWh-mes	\$
Desde	Hasta	\$	5.461	\$ 7,07
0	300	1,414		
301	500	2,826		
501	1000	4,240		
Mayor	1001	7,066		

Tabla 6.4. Detalle del cálculo de la comercialización
Fuente: Autor

Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	
NOMBRE	FACULTAD TÉCNICA UNIV. CATÓLICA
Tipo de Tarifa Arconel	Tarifa Comercial con Demanda en Baja Tensión
Valor Consumo kWh-mes.	5.461
Valor Consumo kWh-mes	\$ 502,42
Comercialización	\$ 7,07
Valor Demanda	\$ 49,63
Penalización Bajo Fact. Pot.	\$ 0,00
Sub total Servicio Eléctrico (SE)	\$ 559,12
Servicio Alumbrado Público General	\$ 26,99
Subtotal Servicio Alumbrado Público (APG)	\$ 26,99
Base I.V.A. 0%	\$ 586,11
I.V.A. 0%	\$ 0,00
Total SE y APG	\$ 586,11
CÁLCULO DEL ALUMBRADO PÚBLICO	
Consumo kWh-mes (pliego 2013)	\$ 393,20
Demanda kW (pliego 2013)	\$ 49,63
Comercialización (2013)	\$ 7,066
<i>Importe</i>	\$ 449,897
Servicio Alumbrado Público (AP)	\$ 26,99
Contribución Bomberos	
	\$ 6,38
TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	\$ 586,11
Valor pendiente (saldo)	\$ 0,00
Planes de Financiamiento	\$ 0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO	\$ 586,11
RESUMEN DE VALORES A PAGAR	
Total Sector Eléctrico	\$ 586,11
Total Recaudación de Terceros	\$ 6,38
Tasa de Recolección de Basura	\$ 63,69
TOTAL A PAGAR U\$D	\$ 656,17

Subsidios del Gobierno.- corresponde al Pliego real por concepto de Subtotal Servicio Eléctrico (SE)
 Es decir:
 Energía
 Comercialización
 Demanda
 Penalización por bajo factor de potencia
 Otros

Subsidios del Gobierno	
Subsidio Tarifa Eléctrica	295,28
TOTAL	295,28
TASA DE RECOLECCION DE BASURA (12,5% del Importe)	\$ 63,69

Tabla 6.5. Detalle del cálculo de la planilla de consumo
 Fuente: Autor

6.4. Análisis de la Inversión sobre el costo energético.

Dentro del análisis se determinó que el costo total por la inversión de equipos sin baterías (es opcional las baterías) corresponde a un valor de \$50.240,23, el valor por el costo de la planilla mensual por concepto de consumo eléctrico y demanda de facturación corresponde a un valor de \$656,17 mes, y \$7.874,08 año, con base en estos valores se relaciona que el costo se lo recuperaría a partir del año 6, en la siguiente tabla se representa los valores.

N°	DETALLE	TOTAL
a	Costo del Proyecto (sin baterías)	\$50.240,23
b	Costo energético mensual (Planilla mensual)	\$656,17
c	Costo energético anual (Planillas)	\$7.874,08
d	Relación (a) vs (c) en años	6,38

Tabla 6.6. Análisis de la Inversión vs el costo energético
 Fuente: Autor

6.5. Análisis de Sostenibilidad.

6.5.1. Análisis de Impacto Ambiental y de Riesgos.

Este Proyecto fotovoltaico, no es necesario presentar un detalle de diagnóstico relacionado de Impacto Ambiental (día), debido a que no existe incidencia en riesgo o daño de tipo ambiental, ya que es energía limpia derivada de la naturaleza propia, tal es el caso que los cambios de equipos de medición eléctrica e informáticos son mínimos y se consideran no aceptables al riesgo, es decir, esta implementación tecnológica no origina ningún daño en el medio ambiente, todo está basado en normativas, convenciones, leyes, regulaciones técnicas y de los entes de control. Desde el punto de vista de que el estado ecuatoriano, reconoce a las personas el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, ecológicamente equilibrado, garantizando de tal manera un desarrollo sustentable, en estricto apego a la legislación ecuatoriana vigente. Actualmente las empresas productoras de electricidad a nivel mundial están enfrentando grandes retos, derivados de instalaciones e infraestructuras que está envejeciendo por el avance tecnológico, y debido también al creciente consumo de la energía eléctrica el cual impacta en la degradación del escenario natural donde se desarrollan las diferentes actividades (medio ambiente) debido al cambio climático y el agotamiento de recursos naturales existentes.

El enfoque de las redes eléctricas con sistemas fotovoltaicos a implementar hacia los comercios, viviendas, industrias hoy en día forma parte activa de los programas de las empresas eléctricas, relacionados con el uso eficiente de la energía, la protección y amigabilidad con el medio ambiente.

Problemas complejos y grandes desafíos necesitan de tomas de decisiones acertadas para soluciones inteligentes que maximicen la efectividad de las acciones necesarias para resolverlas, y que minimicen los problemas, siendo uno de los desafíos en los tiempos actuales la implementación de tecnologías amigables, confiables y seguras para luego de las experiencias, beneficios y recursos generados del mismo sean aplicados en otros lugares.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. CONCLUSIONES.

En lo relacionado al sector eléctrico a nivel país se evidencia que es un reto y desafío al futuro con una alta importancia asociado a la implementación de generación de energía limpia e inagotable y de coadyuvar a disminuir el calentamiento global, es decir, proponer soluciones ante la eminente crisis energética por falta de combustible fósil, evidenciando y además, demostrando que las fuentes de energía eléctrica ilimitadas poseen muchos más beneficios el cual, favorecen a la generación energética, al ahorro energético y al cuidado con el medio ambiente.

El proyecto fotovoltaico conectado a la red eléctrica con sus respectivos diseños y formulaciones establecidas para el área administrativa de la UCSG en su facultad técnica , se determinó que para su implementación y correcto funcionamiento se requiere de 103 paneles solares de 385 vatios de potencia cada uno; 26 controladores de voltaje (regulador de carga); 8 inversores monofásicos; 5 baterías de tipo acumuladores estacionarias (esto es opcional instalarlas); y todo lo que involucra sus respectivos accesorios, herrajes, cables, protecciones, entre otros aspectos. El costo total corresponde a un valor económico de \$ 101.840,81 con baterías y un valor de \$50.240,23 sin baterías, el proyecto además incluye el transporte de materiales y equipos al lugar de la instalación; mano de obra con personal calificado; el costo de operación y mantenimiento; y el estudio y asesoría técnica profesional.

Con relación al consumo eléctrico proyectado se estableció 5.461 kWh mes y 65.532 kWh año (esto considerando un 20% de reserva de crecimiento), lo que representaría en condiciones normales una facturación energética a la Distribuidora de electricidad de \$656,17 al mes y \$7.874,08 anual, los cálculos y la formulación realizada fueron basados y fundamentados en el pliego tarifario vigente y el modelo de facturación del sistema comercial de la CNEL EP unidad de Negocio Guayaquil.

Relacionando la inversión del proyecto y el costo energético se tendría un estimado de recuperación de la inversión a partir del año sexto (6).

Se consideró las regulaciones, normativas y convenciones vigentes de los entes de control que rigen en el sector eléctrico ecuatoriano.

7.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los equipos a instalarse sean de buena calidad para que garanticen su funcionamiento y durabilidad, además que contengan las respectivas normas de fabricación.

El montaje e implementación de los equipos deben ser realizados y supervisados por personal calificado, especialista en el tema y con experiencia.

Al sistema fotovoltaico se deberá realizar el respectivo mantenimiento integral desde lo preventivo hasta lo correctivo de ser necesario, lo que permitirá garantizar la funcionalidad y operatividad basado en la resolución ARCERNNR-013/2021 para el ciclo de vida útil de generadores renovables. Se recomienda implementar un programa de mantenimiento con todas las consideraciones técnicas y tiempos de uso, además de controlar algún incremento de la demanda eléctrica y del consumo a futuro.

Proporcionar capacitación permanente al personal involucrado con el mantenimiento.

Difundir la implementación del proyecto, el cual servirá como escuela de capacitación para los estudiantes de la universidad, con el fin de que sea un modelo ejemplar y una obra emblemática a nivel local y nacional.

CAPITULO VIII

8. REFERENCIAS

- Álvarez López, R. A. (2015). Aportes a la conversión DC-AC en sistemas fotovoltaicos: Módulos inversores conectados en cascada. Universidad Nacional de Colombia.
- ARCERNNR. (2022). <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/>
- Autosola. (2023). <https://autosola.es/>
- Camera, F. (2017). Agencia Internacional de Energía Renovable. Energía Renovable, 23 45.
- Cherres, D., Pozo, M., & Gallardo, C. (2020). Análisis del Seguimiento del Punto de Máxima Potencia Global (GMPPT) con Perfiles de Sombras para una Granja Fotovoltaica. Ideas, 1(2), 75-90. Obtenido de <http://revistasoj.s.utn.edu.ec/index.php/ideas/article/view/353/288>
- Corporación Eléctrica del Ecuador. (2016). Proyecto Termo Pichincha. Quito: CEE. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/retos-empresariales/proyectos-de-generacion-no-convencional/energia-fotovoltaica>
- Deming, E. (1989). Administración de Calidad Total. México: Norma.
- Domínguez, D., & Salvatierra, B. (2016). Análisis de calidad de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12710/1/UPS-CT006582.pdf>
- Energía Solar. (2016). La electricidad. Obtenido de La energia renovable: energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html
- Escoda, S. (2017). Libro Blanco de la Energía Renovable . Barcelona : La moderna.
- Evans, J. (2008). La Administración y el Control de Calidad . Barcelona : Phillips.
- Fernández, L. G., & Cervantes, A. (2017). Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira. Altamira: Centro de Investigación en Materiales Avanzados SC. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1927/1/TESI%20MER.pdf>
- Incendios en Paneles solares: Causas y normativa aplicable. (2021). <https://engi.co/incendios-paneles-solares/>

Pliego tarifario Vigente (2022). ARCERNNR. Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.

Protección y prevención contra rayos información del mundo del rayo INGESCO. (2020). <https://www.ingesco.com/es>

Salazar, A., Pichardo, A., & Pichardo, U. (2016). La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. Revista de Investigación y Desarrollo (ECORFAN), 2(5), 11-20. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Development/vol2num5/Revista_de_Investigaci%3%b3n_y_Development_V2_N5_2.pdf

8.1. Terminologías:

ARCERNNR: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad.

CENACE: Operador Nacional de electricidad.

EIA: Evaluación de impacto ambiental.

MEER: Ministerio de Energía y Recursos Renovables.

NASA: Administración nacional de aeronáutica en el espacio (National Aeronautics and Space Administration).

SAPG: Servicio de alumbrado público general.

SGDA: Sistema de generación distribuida para el autoabastecimiento.

SPEE: Servicio de energía eléctrica

Simbología Romana:

α : Alfa

β : Beta

γ : Gamma

θ : Teta

CAPITULO IX

9. ANEXOS

ANEXO 1. Resolución No. ARCONEL 042/18

Resolución No. ARCONEL-042/18



CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON μ SFV

Los consumidores interesados en instalar un SFV, deberán observar las disposiciones relacionadas con el proceso de conexión y autorización de operación, tratamiento comercial, mecanismo de liquidación de la energía, entre otros, que se describen en esta Regulación.

12 TRATAMIENTO COMERCIAL DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS μ SFV DE BAJA CAPACIDAD

La energía producida por el consumidor con μ SFV estará destinada únicamente al autoconsumo de la vivienda y/o edificación donde va a instalarse. En caso de que eventualmente se produzcan excedentes de energía, éstos podrán ser entregados a la red de baja o media tensión de la empresa de distribución, según corresponda, y su liquidación se realizará a través de un mecanismo de balance mensual neto de energía, conforme al siguiente esquema:

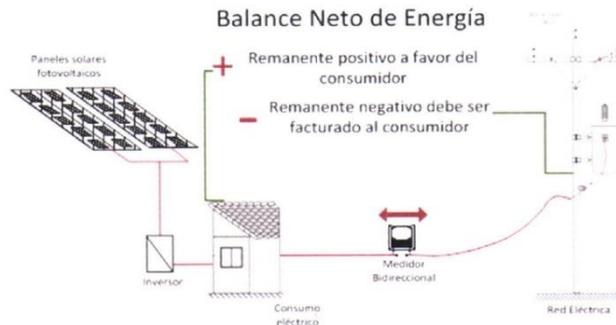


Figura 2. Balance Neto

La empresa de distribución realizará mensualmente el balance económico de la energía entregada y consumida para la facturación al consumidor, para lo cual tomará en consideración el registro de los flujos de energía inyectada y consumida del equipo de medición.

La aplicación de las condiciones establecidas en la presente Regulación será posible para un (1) solo μ SFV por inmueble.

12.1 LIQUIDACIÓN DE LA ENERGÍA ENTREGADA A LA RED DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN

La empresa de distribución deberá realizar el balance neto mensual de la energía entregada y consumida por el consumidor con μ SFV dentro de los diez (10) primeros días

Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018
Página 11 de 41





días laborables del mes siguiente de la operación del μ SFV, en base al reporte de la energía consumida y entregada que registre el equipo de medición, según la siguiente expresión:

$$\Delta E = (\text{Energía consumida de la red} - \text{Energía inyectada en la red})$$

ΔE : Resultado del balance neto < 0; remanente negativo

ΔE : Resultado del balance neto > 0; remanente positivo

En el caso en que el resultado del balance mensual neto de energía, exista un remanente negativo a facturar al consumidor, la empresa de distribución valorará la energía consumida a la tarifa correspondiente del pliego tarifario aprobado por ARCONEL y será facturada al consumidor con μ SFV, conforme lo establece el contrato de suministro.

El remanente negativo a facturar al consumidor no estará sujeto al subsidio de la tarifa dignidad ni subsidio cruzado.

Por el contrario, en el caso eventual en que el resultado del balance mensual neto de energía, exista un remanente positivo de energía entregada a la red a favor del consumidor con μ SFV, esta energía se considerará como crédito de energía a favor del consumidor que se pasa al siguiente mes y así sucesivamente, hasta un periodo máximo de reseteo.

El periodo para resetear el crédito energético es de dos años a partir de la fecha de la autorización de operación del μ SFV, luego de lo cual empieza nuevamente un similar mecanismo desde cero, hasta que exista una causal de desconexión del μ SFV o se cumpla el plazo de operación.

Para cualquiera de los dos casos la facturación por parte de la empresa distribuidora debe considerar:

- Los consumidores con μ SFV conectados en baja o media tensión que cuenten con tarifa con demanda o demanda horaria, cancelarán los cargos por potencia establecidos en el pliego tarifario, conforme a la categoría establecida por la distribuidora, para ello la distribuidora deberá asumir que el consumidor no cuenta con un μ SFV, es decir que para la determinación de cálculos para estos cargos, se asumirá que el consumidor no está generando para su abastecimiento con el μ SFV.
- Los consumidores con μ SFV deberán cancelar mensualmente el cargo de comercialización
- El consumidor con μ SFV está en la obligación de cancelar la tarifa de servicio de alumbrado público general en función de su consumo mensual total
- El consumidor con μ SFV deberá cancelar los rubros de basura y bombas en función de las ordenanzas emitidas para el efecto.



ANEXO 2. Resolución Nro. ARCERNNR 013/2021

Artículo 9 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN

9.1 Solicitud de factibilidad de conexión de una SGDA

El trámite de solicitudes de factibilidad de conexión, para proyectos de generación distribuida que vayan a ser desarrollados por los proponentes, se sujetará a las siguientes disposiciones:

- a) El Proponente solicitará la factibilidad de conexión a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario del ANEXO 1.
- b) En este formulario se consignan los datos generales del Proponente, del SGDA y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar la SGDA.
- c) En el formulario la Distribuidora hará constar la fecha de recepción del mismo, y asignará a la solicitud un Código Único de Trámite, con el cual el Proponente podrá realizar las consultas y seguimiento sobre el estado de avance de su solicitud.

9.2 Factibilidad de conexión para SGDAs Categoría 1

Para solicitudes de factibilidad de conexión de SGDA de potencias nominales señaladas en la Tabla N.1, que requieran conectarse en sincronismo con la red de distribución, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario ANEXO 1, procederá conforme a lo siguiente:

Tabla No. 1 Potencias nominales de las SGDA Categoría 1.

Voltaje de conexión	Potencia Nominal
Bajo	≤ a 10 kW monofásica
	≤ a 20 kW bifásica
	≤ a 30 kW trifásica

- a) Luego de recibida la solicitud de parte del Proponente, la Distribuidora dispondrá de un término de cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud, en caso de que esta requiera información adicional notificará al Proponente por escrito, el cual tendrá un término de cinco (5) días para completar la información, en caso de no hacerlo se dará por terminado el trámite.
- b) Una vez aceptada a trámite la solicitud, la Distribuidora, dentro de un término de quince (15) días adicionales, realizará los análisis técnicos respectivos de tal forma que la operación de la futura SGDA no afecte a la calidad del servicio eléctrico y otorgará la factibilidad de conexión del proyecto al Proponente.
- c) En la factibilidad de conexión, se establecerá el esquema de conexión y las condiciones de operación que deberá cumplir la SGDA en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.

Los costos que impliquen las adecuaciones y/o modificaciones de la red de distribución estrictamente necesarias para la conexión de la SGDA, serán asumidos por el Proponente del proyecto.

- Dimensionamiento del SGDA;
 - Especificaciones del equipamiento del SGDA;
 - Diagrama unifilar de la instalación;
5. Diseño de las obras y/o adecuaciones a la red de distribución que se deberán implementar para poder conectar la SGDA al sistema de distribución;
 6. Esquema de conexión, seccionamiento y protecciones
 7. Cronograma de ejecución del proyecto del SGDA;
 8. Autorización del uso del agua emitido por la autoridad competente en los casos que aplique;
 9. Estar al día en los pagos a la Distribuidora del SPEE y SAPG de todos los suministros de energía eléctrica a nombre del consumidor;

b) La Distribuidora, en un término de treinta (30) días contados a partir de la entrega de todos los documentos descritos en el literal a), verificará que los mismos estén completos. En caso de que los requisitos entregados no estén completos, informará al Proponente sobre las aclaraciones, alcances o ajustes que se requieran realizar a tales documentos. En caso de que la Distribuidora no emita observaciones continuará con las siguientes etapas para la emisión del Certificado de Calificación.

c) Las aclaraciones, alcances o ajustes requeridos por la Distribuidora, referidos en el literal b), serán atendidos por el Proponente dentro de un término de quince (15) días contados a partir de su notificación; de no existir respuesta del Proponente dentro del señalado término, la Distribuidora dará por terminado el trámite y le comunicará oficialmente al Proponente.

d) Una vez entregados los documentos a satisfacción de la Distribuidora, ésta, dentro de un término adicional de quince (15) días, elaborará el informe de aprobación y emitirá el Certificado de Calificación respectivo, de acuerdo al formato establecido en el ANEXO 2.

e) El plazo de vigencia del Certificado de Calificación será igual al tiempo de vida útil de la SGDA, dependiendo de la tecnología de generación, de acuerdo a lo establecido en la Tabla N.2.

f) Seis meses previos a la terminación del plazo de vigencia del Certificado de Calificación, el consumidor podrá actualizar la documentación indicada en el artículo 10, para renovar el Certificado de Calificación de su SGDA.

Tabla No. 2 Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica.

Tecnología	Vida Útil (años)
Fotovoltaica	25
Eólica	25
Biomasa	20
Biogás	20
Hidráulica	30

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

11

concepto del análisis de la factibilidad de conexión, conexión a la red de distribución, peajes y por el otorgamiento del Certificado de Calificación.

CAPÍTULO V OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Artículo 16 REQUISITOS OPERATIVOS

Las SGDA serán autodespachadas y cumplirán las disposiciones operativas dispuestas por la Distribuidora

condiciones operativas de la SGDA o por variación del consumo se presentaren eventuales excedentes de energía, estos se inyectarán a la red de distribución y su tratamiento por parte de la Distribuidora se sujetará a las siguientes disposiciones.

18.1 Consumidores con tarifa residencial y general sin demanda

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa sin demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

La Distribuidora mediante el sistema de medición respectivo, determinará el balance de energía neto mensualmente, entre la energía consumida desde la red de distribución y la energía inyectada por el SGDA y calculará la energía neta $ENET_i$:

$$ENET_i = ERED_i - EINY_i \quad (1)$$

Donde:

$ENET_i$	Energía neta en el periodo mensual de consumo i (kWh)
$ERED_i$	Energía consumida desde la red de distribución en el periodo mensual de consumo i (kWh)
$EINY_i$	Energía inyectada por la SGDA en el periodo mensual de consumo i (kWh)

a) Si $ENET_i \leq 0$, la Distribuidora facturará al consumidor por concepto de energía consumida, con valor cero; $EF = 0$, además:

$$CEM_i = |ENET_i| \quad (2)$$

Donde:

CEM_i	Crédito de Energía a favor del consumidor obtenido en el mes i (kWh)
---------	--

b) Si $ENET_i > 0$, en este caso el $CEM_i = 0$, por no haber un saldo a favor del consumidor en el mes i .

La Distribuidora verificará si el consumidor dispone de un saldo total acumulado de energía a su favor en el mes anterior $SEA_{(i-1)}$; si es así, se debitará parte o la totalidad del $SEA_{(i-1)}$ para cubrir el $|ENET_i|$ del mes i .

SEA_{i-1}	Saldo total acumulado de energía disponible del consumidor en el mes anterior $(i-1)$ (kWh). $SEA_0 = 0$
EF_i	Energía Facturable correspondiente al mes i

Si con el $SEA_{(i-1)}$ disponible se logra cubrir la totalidad del $|ENET_i|$, en el mes de consumo i , la energía facturable en el mes i será cero; $EF=0$, caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando la tarifa correspondiente del Pliego Tarifario del SPEE.

Se actualizará el SEA_i mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el $|ENET_i|$, para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

A partir del inicio de la operación de la SGDA, cada 24 meses el SEA se reseteará a cero, sin que la Distribuidora tenga derecho otorgar una compensación económica por dicha energía.

El consumidor que cuente con una SGDA cancelará mensualmente el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario vigente.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores: $ERED_i$, $EINY_i$, $ENET_i$, CEM_i y SEA_i , correspondientes a los doce periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO 4 de esta Regulación.

18.2 Consumidores con tarifa general con demanda

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa con demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

El cálculo de la energía facturable mensual se realizará en conformidad a lo establecido en el artículo 18.1.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al consumidor, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable mensual corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el respectivo medidor de demanda y corresponderá a aquella que fue requerida por el consumidor de la red de distribución.

18.3 Consumidores con tarifa general con demanda horaria

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa con demanda horaria, de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

La Distribuidora mediante el sistema de medición respectivo, determinará el balance neto de energía mensualmente, entre la energía mensual consumida desde la red de distribución y la energía inyectada por el SGDA, en cada uno de los periodos de demanda horaria aplicables al consumidor, según el pliego tarifario del SPEE vigente.

Sobre la base de la energía consumida de la red e inyectada por el SGDA en el mes i , en cada periodo de demanda, la Distribuidora calculará la Energía Equivalente Inyectada por el SGDA ($EINY_i$) y la Energía Equivalente Consumida de la red por el consumidor ($ERED_i$) aplicando las siguientes fórmulas:

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

16

$$EEINY_i = \sum_{k=1}^n (EINY_k \times T_k) / Tm_i \quad (3)$$

$$EERED_i = \sum_{k=1}^n (ERED_k \times T_k) / Tm_i \quad (4)$$

$$ENETE_i = EERED_i - EEINY_i \quad (5)$$

Donde:

$EEINY_i$	Energía Equivalente Inyectada por el SGDA en el mes i (kWh)
$EERED_i$	Energía Equivalente Consumida de la red en el mes i (kWh)
Tm_i	Mayor de los cargos tarifarios horarios de los periodos de demanda aplicables al consumidor en el mes i (USD/kWh)
T_k	Cargo tarifario por energía del periodo de demanda k (USD/kWh)
$EINY_k$	Energía inyectada por el SGDA en el mes en análisis, en los periodos de demanda en que aplica el cargo tarifario por energía T_k (kWh)
$ERED_k$	Energía consumida de la red en el mes en análisis, en los periodos de demanda en que aplica el cargo tarifario por energía T_k (kWh)
n	Número de cargos tarifarios por energía aplicables a la tarifa a la que corresponde el consumidor
$ENETE_i$	Energía neta equivalente en el periodo mensual de consumo i (kWh)

a) Si $ENETE_i \leq 0$, la Distribuidora facturará por concepto de energía consumida, con valor cero; EF=0, además:

$$CEEM_i = |ENETE_i| \quad (6)$$

Donde:

$CEEM_i$	Crédito de Energía Equivalente a favor del consumidor obtenido en el mes i (kWh)
----------	--

b) Si $ENETE_i > 0$, en este caso el $SEEM_i = 0$, por no haber un saldo a favor del consumidor en el mes i .

La Distribuidora verificará si el consumidor dispone de un saldo total acumulado de energía equivalente a su favor en el mes anterior $SEEA_{(i-1)}$; si es así, se debitará parte o la totalidad del $SEEA_{(i-1)}$ para cubrir el $|ENETE_i|$ del mes i .

$SEEA_{i-1}$	Saldo total acumulado de energía equivalente disponible del consumidor en el mes anterior ($i-1$) (kWh). Para el primer mes: ($n = 1, SEEA_0 = 0$)
EF_i	Energía Facturable correspondiente al mes i

Si con el $SEEA_{(i-1)}$ disponible se logra cubrir la totalidad del $ENETE_i$, en el mes de consumo i , la energía facturable en el mes i será cero; $EF=0$. Caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando el mayor de los cargos tarifarios (T_m).

Se actualizará el $SEEA$ mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el $ENETE_i$, para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

A partir del inicio de la operación de la SGDA, cada 24 meses el $SEEA$ se reseteará a cero, sin que la Distribuidora tenga derecho otorgar una compensación económica por dicha energía.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al consumidor, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable mensual corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el respectivo medidor de demanda horaria y corresponderá a aquella que fue requerida por el consumidor de la red de distribución.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores: $EREED_i$, $EEINY_i$, $ENETE_i$, $CEEM_i$, y $SEEA_i$, correspondientes a los doce periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO 4 de esta Regulación.

Artículo 19 MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los aspectos relacionados al sistema de medición de energía eléctrica se sujetarán a lo siguiente:

19.1 SGDA ubicado en el mismo inmueble o predio del consumidor

Para los casos en los que la SGDA esté ubicado en el mismo inmueble del consumidor, la Distribuidora instalará en el punto de entrega un medidor bidireccional que permita registrar el consumo neto de energía por parte del consumidor, según lo descrito en el artículo 18 de esta Regulación.

La Distribuidora será la encargada de la adquisición, calibración inicial e instalación del equipo de medición bidireccional. El consumidor deberá cancelar la diferencia del costo del equipo de medición en relación al equipo que la Distribuidora instalaría a un usuario de la misma categoría sin un SGDA.

El valor indicado en el párrafo anterior, será cancelado en la primera planilla de consumo,

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

18

ANEXO 3. PANEL SOLAR DE 385 Watt

Preliminary

Harvest the Sunshine

Mono

390W MBB Half-Cell Module

JAM60S20 365-390/MR Semi

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.

Higher output power

Lower LCOE

Less shading and lower resistive loss

Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

Comprehensive Certificates

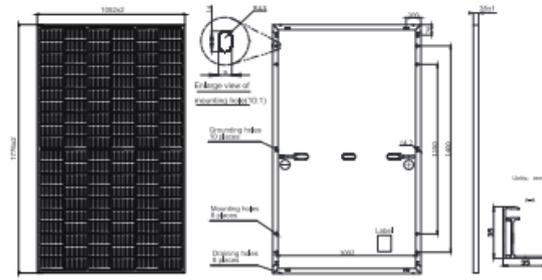
- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval

JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	20.7kgs/3%
Dimensions	1776±2mm×1052±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) .12 AWG(UL)
No. of cells	120(6×20)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait:300mm(+/-)400mm(-) Landscape:1000mm(+/-)1000mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet 744pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S20-365/MR	JAM60S20-370/MR	JAM60S20-375/MR	JAM60S20-380/MR	JAM60S20-385/MR	JAM60S20-390/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	365	370	375	380	385	390
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	41.13	41.30	41.45	41.62	41.78	41.94
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	33.96	34.23	34.50	34.77	35.04	35.33
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.30	11.35	11.41	11.47	11.53	11.58
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.75	10.81	10.87	10.93	10.99	11.04
Module Efficiency [%]	19.5	19.8	20.1	20.3	20.6	20.9
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

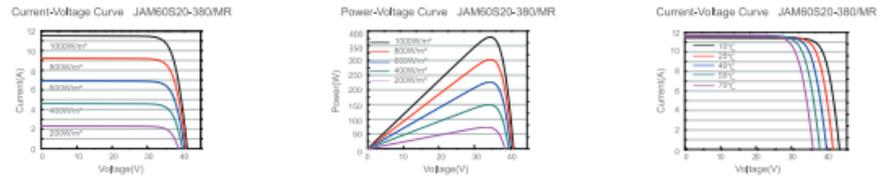
ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM60S20-365/MR	JAM60S20-370/MR	JAM60S20-375/MR	JAM60S20-380/MR	JAM60S20-385/MR	JAM60S20-390/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	276	280	284	287	291	295
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	38.41	38.65	38.89	39.14	39.38	39.63
Max Power Voltage(Vmp) [V]	32.05	32.30	32.55	32.72	32.96	33.20
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.15	9.20	9.25	9.30	9.35	9.40
Max Power Current(Imp) [A]	8.61	8.66	8.71	8.78	8.83	8.88
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front	5400Pa (112 lbf/ft ²)
Maximum Static Load,Back	2400Pa (50 lbf/ft ²)
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS



ANEXO 4. CONTROLADOR DE VOLTAJE (REGULADOR DE CARGA)



Modelo: PC1500B-60DU

PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

Características:

- En Intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

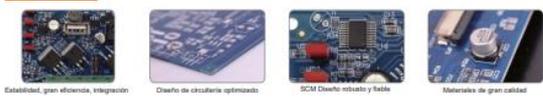
LCD Información Display



1. Terminal positivo fotovoltaico
2. Terminal negativo fotovoltaico
3. Terminal positivo batería
4. Terminal negativo batería
5. Terminal carga CC positivo
6. Terminal carga CC negativo
7. Pantalla LCD

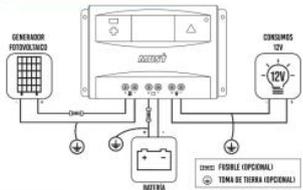
M	Posición	Función
5	Corta	Siguiente visualización; Incremento mientras está en ajustes
+	Larga (23 s)	Incremento continuo mientras está en ajustes
6	Corta	Visualización previa; Disminución mientras está en ajustes
-	Larga (23 s)	Disminución continuo mientras está en ajustes
7	Corta	Interruptor consumo CC; Entrar configuración / guardar
▲	Larga (23 s)	Restablecer menú secundario

Detalles internos



Estabilidad, gran eficiencia, integración. Diseño de circuitería optimizado. SMD Diseño robusto y fiable. Materias de gran calidad.

Conexión al sistema solar:



Funciones:



PC1500B SERIES Controladores



- Modelos: PC1500B-10 y 20A. Voltaje batería: 12-24V Auto-detección. Corriente carga: 10A y 20A. Puertos USB: 5V, 1A x 2. Tamaño LCD: 2.2"
- Modelos: PC1500B-30 y 40A. Voltaje batería: 12-24V Auto-detección. Corriente carga: 30A y 40A. Puertos USB: 5V, 1A x 2. Tamaño LCD: 2.2"
- Modelos: PC1500B-50D / 6048D. Voltaje: 12-24V Auto-detección y modo 48V. Corriente carga: 50A. Tamaño LCD: 2.6"
- Modelos: PC1500B-60D / 6048D. Voltaje: 12-24V Auto-detección y modo 48V. Corriente carga: 60A. Tamaño LCD: 2.6"

Aplicación



Entrada	Modelo	PC1500B-10-20		PC1500B-30-40		PC1500B-50-60		PC1500B-60-80	
		10A	20A	30A	40A	50A	60A	60A	80A
Salida	Voltage PV	±120V							
	Intensidad nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A	60A	80A
	Voltage sistema	12/24V Auto							
	Desconexión por alto-voltage	16.80V ± 1' x 2' x 3' x 4' (0.5V)							
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A	60A	80A
	Autoconsumo	≤13mA							
	Caída de tensión circuito carga	≤0.24V							
	Caída de tensión circuito descarga	≤0.10V							
	Modo de carga	PWM 4-etapas carga, absorción, flotación, equalización							
	Voltage Carga Protección	13.8V (13V-15V) x 1' x 2' x 3' x 4'							
	Voltage Carga Absorción	14.4V (13V-15V) x 1' x 2' x 3' x 4'							
	Voltage Carga Equalización	14.8V (13V-15.5V) x 1' x 2' x 3' x 4'							
	Protección Bajo Voltage	10.7V (10V-14V) x 1' x 2' x 3' x 4'							
	Recuperación Bajo Voltage	12.8V (10V-14V) x 1' x 2' x 3' x 4'							
	Salida USB	5V, 1A x2						No tiene	
Sección cableado	±0.5mm ²		±1.0mm ²		±1.5mm ²		±1.0mm ²		
Características físicas	Temperatura trabajo	-20°C-+55°C							
	Tamaño (L x W x Ft)	188 x 98 x 45.5mm				188 x 111 x 56mm			
	Peso neto	355g				407g			

Inversor monofásico con tecnología HD-Wave

SE2200H, SE3000H, SE3500H, SE3680H,
SE4000H, SE5000H, SE6000H



INVERSORES

Instalación optimizada con tecnología HD-Wave

- Especially designed to work with power optimizers
- Quick and simple start-up directly from your smartphone using SolarEdge SetApp
- Record performance
- Extremely small, light and easy to install
- High reliability
- Integrated module level monitoring
- Installation in exterior and interior
- Fixed voltage inverter for longer strings
- Advanced safety function - Integrated arc fault protection

solaredge.com

solaredge

/ Inversor monofásico con tecnología HD-Wave

SE2200H, SE3000H, SE3500H, SE3680H, SE4000H, SE5000H, SE6000H

	SE2200H	SE3000H	SE3500H	SE3680H	SE4000H	SE5000H	SE6000H	
APLICABLE A INVERSORES CON NÚMERO DE COMPONENTE	SEXXXXH-XXXXXBX04							
SALIDA								
Potencia nominal de salida CA	2200	3000	3500	3680	4000	5000 ¹⁾	6000	VA
Máxima potencia de salida CA	2200	3000	3500	3680	4000	5000 ¹⁾	6000	VA
Tensión de salida CA (nominal)	220/230							Vac
Rango de tensión de salida CA	184 - 264,5							Vac
Frecuencia CA (nominal)	50/60 ± 5							Hz
Corriente máxima de salida continua	10	14	16	16	18,5	23	27,5	A
Distorsión Armónica Total (THD)	<3							%
Factor de potencia	1, ajustable de -0,9 a 0,9							
Monitorización de red, protección contra funcionamiento en isla, umbrales configurables por país	Sí							
ENTRADA								
Máxima potencia de CC	3400	4650	5425	5700	6200	7750 ²⁾	9300	W
Sin transformador, sin puesta a tierra	Sí							
Tensión máxima de entrada	480							Vdc
Tensión de entrada CC nominal	380							Vdc
Corriente máxima de entrada	6,5	9	10	10,5	11,5	13,5	16,5	Adc
Protección contra polaridad inversa	Sí							
Detección de aislamiento por fallo de puesta a tierra	Sensibilidad de 600 kΩ							
Rendimiento máximo del inversor	99,2							%
Rendimiento europeo ponderado	98,3	98,8				99		%
Consumo de energía durante la noche	< 2,5							W
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES								
Interfases de comunicación compatibles	RS485, Ethernet, WiFi (opcional), telefonía móvil (opcional), ZigBee (opcional)							
Gestión Smart Energy	Limitación de exportación							
Puesta en marcha del inversor	A través de aplicación SetApp utilizando la conexión local Wi-Fi integrada en el inversor							
Protección contra arco eléctrico	Integrada, Configurable por el usuario (De conformidad con la norma estadounidense UL1699B)							
CUMPLIMIENTO DE NORMAS								
Seguridad	IEC-62109-1/2							
Normas sobre conexión a la red	IEC61727, IEC62116, EN 50438, VDE-AR-N-4105, VDE 0126-1-1, UTE_C_15-712, GB3/2, GS9/3, CBI-021, ONORM, TF3.2.1, C10-TL, NRS 097-2-1							
Emisiones	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12, FCC, parte 15, clase B							
ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN								
Salida CA – Diámetro del cable compatible	9-16							mm
CA – Sección del cable compatible	1-13							mm ²
Entrada CC	1 x MC4			2 x pares MC4				
Dimensiones (Al. x An. x Pr)	280 x 370 x 142							mm
Ruido	< 25							dBA
Peso	7,8			9		10,6		kg
Refrigeración	Convección natural							
Rango de temperatura de trabajo	de -40° a +60°							°C
Grado de protección	IP65 – Exteriores e interiores							

¹⁾ 4600VA en Alemania

²⁾ 7130VA en Alemania

³⁾ Máxima potencia de hasta al menos 50°C. Para más información sobre reducción de la potencia, consultar: <https://www.solaredge.com/sites/default/files/ie-temperature-derating-notice.pdf>

© SolarEdge Technologies, Ltd. Reservados todos los derechos. SOLAREEDGE, el logo de SolarEdge, OPTIMIZO BY SOLAREEDGE son marcas comerciales o registradas de SolarEdge Technologies, Inc. Cualquier otra marca que se mencione en este documento es propiedad de su correspondiente titular. Fecha: 02/2019/V01/SP EU. Sujeto a cambios sin previo aviso.

CE RoHS

ANEXO 6. Baterías

Componentes del Batería Estacionaria BAE 48V 877Ah



24 x Acumulador Estacionario BAE 2V 877Ah: Tiene una garantía de 2 años, un juego completo está compuesto por 6 acumuladores estacionarios con sus puentes de conexión incluidos para formar 12V. Especiales para energía solar, lo que quiere decir que aguantan muy bien descargas lentas todos los días. Tienen una vida media superior a los 3500 ciclos en función de la profundidad de la descarga, entendiéndose por un ciclo un proceso de carga y descarga completa de la batería. Es muy recomendable que la batería no se descargue habitualmente más de un 30% de su capacidad total, ya que de esta forma prolongaremos la vida útil de la batería y durarán muchos más años. BAE es un primer fabricante alemán de baterías, ofreciendo una calidad sin igual a un precio competitivo dadas extraordinarias características del producto. Al tratarse de baterías estacionarias la fabricación se realiza sobre pedido pudiéndose incrementar los plazos de entrega dependiendo del proceso de fabricación en cada momento. Para conectar de manera correcta la batería estacionaria de 12, 24 o 48V es uniendo los diferentes vasos estacionarios unos con otros tal y como os adjuntaremos en el manual de instalación.

ANEXO 7. PLIEGO TARIFARIO VIGENTE



PERIODO: ENERO - DICIEMBRE

CNEL UN GUAYAQUIL

CARGOS TARIFARIOS JUNIO - NOVIEMBRE				CARGOS TARIFARIOS DICIEMBRE - MAYO			
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGIA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGIA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
RESIDENCIAL				RESIDENCIAL			
BAJO Y MEDIO VOLTAJE				BAJO Y MEDIO VOLTAJE			
1-50		0,078		1-50		0,078	
51-100		0,081		51-100		0,081	
101-150		0,083		101-150		0,083	
151-200		0,097		151-200		0,097	
201-250		0,099		201-250		0,099	
251-300		0,101	CONSUMOS kWh-mes: 0-300: 1,414	251-300		0,101	CONSUMOS kWh-mes: 0-300: 1,414
301-350		0,103	301-500: 2,826	301-350		0,103	301-500: 2,826
351-500		0,105	501-1000: 4,240	351-500		0,105	501-1000: 4,240
501-700		0,1285	> 1000: 7,066	501-700		0,105	> 1000: 7,066
701-1000		0,1450		701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709		1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752		1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360		2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812		Superior		0,6812	

ENERO - DICIEMBRE			
RESIDENCIAL TEMPORAL			
		0,1285	CONSUMOS kWh-mes: 0-300: 1,414 301-500: 2,826 501-1000: 4,240 > 1000: 7,066
GENERAL			
BAJO VOLTAJE SIN DEMANDA			
COMERCIAL			
1-300		0,082	
Superior		0,110	
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO			
1-300		0,072	
Superior		0,100	
BOMBEO AGUA			
1-300		0,062	
Superior		0,090	
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE			
1-300		0,058	CONSUMOS kWh-mes: 0-300: 1,414
Superior		0,066	301-500: 2,826
			501-1000: 4,240
			> 1000: 7,066
INDUSTRIAL ARTESANAL			
1-300		0,054	
Superior		0,100	
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO			
1 - 100		0,059	
101-200		0,054	
201-300		0,063	
Superior		0,105	
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA			
COMERCIALES			
	4,055	0,092	
INDUSTRIALES			
	4,055	0,082	
ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES			
	4,055	0,082	CONSUMOS kWh-mes: 0-300: 1,414
			301-500: 2,826
			501-1000: 4,240
			> 1000: 7,066
BOMBEO AGUA			
	4,055	0,072	

Resolución No. ARCIENNR - 003/2021 (08 de marzo de 2021)



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Vera Mejía, Freddy Daniel**, con C.C: # 0921488086 autor del trabajo de titulación: **Diseño de un sistema solar fotovoltaico configurado a la red eléctrica para el área administrativa de la Facultad Técnica de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil**, previo a la obtención del título de Magister en Electricidad en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 13 de marzo de 2025

f. _____

Nombre: **Vera Mejía, Freddy Daniel**

C.C: **0921488086**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de un sistema solar fotovoltaico configurado a la red eléctrica para el área administrativa de la Facultad Técnica de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.		
AUTOR(ES)	Vera Mejía, Freddy Daniel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Mgs. Diana Carolina Bohórquez Heras, Ph.D Juan Carlos Lata García, MSc. Ing. Mazzini Muñoz, Gustavo Miguel Msc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Magister en Electricidad mención Energías Renovables y Eficiencia Energética.		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 de marzo del 2025	No. DE PÁGINAS:	138
ÁREAS TEMÁTICAS:	Eficiencia energética, sistema fotovoltaico, Energía fotovoltaica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Ahorro Energetico, Energia Renovable, Microred, Fotovoltaica		

RESUMEN/ABSTRACT: Las fuentes de energía eléctrica de tipo convencionales para su generación en gran parte es mediante la quema de combustibles fósiles, el cual corresponde a un recurso limitado, y que han sido sobre explotados a lo largo de décadas teniendo como incidencia la contaminación del escenario natural donde se desarrollan las diversas actividades como lo es el medio ambiente causando directamente en la atmósfera terrestre un incremento de CO₂ (dióxido de carbono), y a la vez la extinción de estos recursos en los venideros años, bajo estos antecedentes ha sido necesario la incorporación y generación eléctrica de las energías renovables, considerando sobre todo que son naturales e inagotables, la cual son generadas por medios y mecanismos que no afectan al ecosistema, en los actuales momentos se ha convertido en una ayuda para la problemática energética y ecológica para la comunidad siendo necesario migrar a estas tecnologías amigables, seguras y confiables. El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal realizar un diseño integral de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red eléctrica convencional mediante el análisis y formulación para el cálculo de las dimensiones y selectividad del equipamiento a utilizar considerando las normativas, convenciones y leyes vigentes; esto nos permitirá disminuir el uso de la potencia total o aparente instalada; determinar los verdaderos costos energéticos para obtener una facturación real mensual de la facultad técnica de la universidad católica, además que el proyecto sirva como modelo para implementar en futuros estudios y diseños fotovoltaicos.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-996528581	E-mail: veramejiafdaniel@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar	
	Teléfono: +593-995147293	
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	