



UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

TITULO:

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO, PARA ALIMENTAR EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED Y EQUIPO AUDIOVISUAL EN EDIFICIO "A" DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA"

ÁREA INTEGRADA DE CONOCIMIENTO:

CIENCIA, TECNOLOGÍA, AGROPECUARIA Y MEDIO AMBIENTE

TIPO DE INVESTIGACIÓN: INVESTIGACIÓN APLICADA:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

DOCENTE INVESTIGADOR:

Ing. Pedro Alfonso Chan Chan

Santa Tecla 2019

Derechos reservados al autor

Copy Right

AUTOR

Ing. Pedro Alfonso Chan Chan

EDITOR

Universidad Técnica latinoamericana

Primera edición 2019

ISBN:

621.47

C454d

SV

Chanchan, Pedro Alfonso

Diseño y construcción de un sistema solar fotovoltaico aislado para alimentar el sistema de iluminación LED y equipo audiovisual en Edificio A de la Universidad Técnica Latinoamericana [recurso electrónico] / Pedro Alfonso Chanchan. - 1ª ed.- Santa Tecla, La Libertad, El Salvador: UTLA, 2019.

Datos electrónicos (1 archivo: 25.0 MB en formato WORD)

1 cd- rom ; 4¾ plg.

ISBN:

1.- Sistema de Energía Solar – Diseño y Construcción 2.- Energía Solar – Aplicaciones Industriales 3.- Energía Solar - Proyectos I Título

UTLA/ km

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	16
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	17
1.1 ANTECEDENTES	17
1.2 Definición o planteamiento de caso	19
1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.3 IMPORTANCIA DEL PROYECTO	20
1.3 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO	21
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.4 JUSTIFICACIÓN Y USO DE LOS RESULTADOS (INTRODUCCIÓN Y APLICABILIDAD)	22
1.4.1 JUSTIFICACIÓN	22
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL CASO	23
1.5.1 ALCANCES	23
1.5.2 LIMITACIONES	23
1.6 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	23
1.6.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	23
1.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL	23
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	24
2.0 TIPOS DE ENERGÍA	24
2.1 ENERGÍA ELÉCTRICA	24
2.1.2 ENERGÍAS RENOVABLES	24
2.1.3 ENERGÍA SOLAR	24
2.2 LA IRRADIANCIA	24
2.2.1 TIPOS DE IRRADIACIÓN SOLAR	25
2.2.2 IRRADIACIÓN SOLAR DIRECTA:	26
2.2.3 IRRADIACIÓN SOLAR DIFUSA:	26
2.2.4 RADIACIÓN SOLAR TOTAL:	26
2.3 MAPA DE BRILLO SOLAR PROMEDIO DE HORAS DE LUZ SOLAR EN EL TERRITORIO SALVADOREÑO	26
2.4 MAPA DE RADIACIÓN SOLAR EN EL SALVADOR - PROMEDIO ANUAL	26
2.5 ASPECTOS IMPORTANTES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR.	28
2.5.1 MOVIMIENTO DE LA TIERRA	28
2.5.2 ÓRBITA ELÍPTICA	28
2.5.3 LATITUD Y LONGITUD	28

2.5.4 SOLSTICIOS Y EQUINOCCIOS	29
2.5.5 ÁNGULO ACIMUT, ZENIT Y ÀNGULO DE ELEVACIÓN	30
2.6 EFECTO FOTOVOLTAICO	31
2.6.3 METALES FOTOELÉCTRICOS.....	32
2.7 Ventajas y Desventajas de la Energía Solar	33
2.7.1 Desventajas	33
2.8 La Energía Solar.....	33
2.9 Sistemas Solares Fotovoltaicos Conectados a la Red y Aislados	34
2.9.1 Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a la Red	34
2.9.2 Sistema Solar Fotovoltaico Aislado	36
2.10 Componentes de una Instalación solar Fotovoltaica Aislada.	37
2.10.1 Módulos Fotovoltaicos.....	37
2.10.2 Panel Solar Monocristalino	38
2.10.3 Ventajas del Panel solar Monocristalino.....	38
2.10.4 Desventajas del Panel solar Monocristalino.....	38
2.10.5 Panel solar Multicristalino o Policristalino.....	39
2.10.6 Ventajas del Panel Solar Multicristalino o Policristalino	40
2.10.7 Desventajas del panel solar Multicristalino o Policristalino.....	40
2.10.8 Panel solar de Silicio amorfo (capa fina)	41
2.10.9 VENTAJAS DEL PANEL SOLAR DE SILICIO AMORFO (CAPA FINAL	41
2.10.10 DESVENTAJAS DEL PANEL SOLAR DE SILICIO AMORFO (CAPA FINAL)	42
2.11 PARÁMETROS FUNDAMENTALES A CONSIDERAR EN UN PANEL FOTOVOLTAICO.	42
2.11.1 LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{SC}):.....	42
2.11.2 LA TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (V_{OC}):.....	43
2.11.3 LA EFICIENCIA:	44
2.12 PARTES DE UN PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO	44
2.13 INVERSOR:	45
2.13.1 TIPOS DE INVERSORES DE CORRIENTE.....	45
2.13.2 CRITERIOS A CONSIDERAR PARA ELEGIR ADECUADAMENTE EL INVERSOR	46
2.14 REGULADOR DE CARGA.....	47
2.14.1 TIPOS DE REGULADORES DE CARGA	47
2.14.2 CRITERIOS A TOMAR EN CUENTA PARA LA SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA	48
2.15 PROTECCIONES:.....	48
2.15.1 PROTECCIONES TRANSITORIA.....	49
2.15.2 PROTECCIONES PERMANENTES	49
2.16 EQUIPOS DE MEDIDA:	50

2.17 BATERÍAS ELÉCTRICAS O ACUMULADORES ELÉCTRICOS	50
2.18 TIPOS DE BATERÍAS ELÉCTRICAS O ACUMULADORES ELÉCTRICOS.....	51
2.18.1 BATERÍA DE PLOMO ABIERTO, TAMBIÉN CONOCIDAS COMO BATERÍA DE PLOMO-ACIDO O DE ARRANQUE.....	51
2.18.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS PLOMO-ACIDO.....	51
2.18.3 VENTAJAS.....	51
2.18.4 DESVENTAJAS	51
2.18.5 BATERÍAS MONOBLOCK	52
2.18.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS MONOBLOCK.....	53
2.18.7 VENTAJAS	53
2.18.8 DESVENTAJAS	53
2.18.9 BATERÍAS AGM (ABSORBED GLASS MAT - SEPARADOR DE VIDRIO ABSORBENTE	53
2.18.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS AGM	54
2.18.12 VENTAJAS	54
2.18.13 DESVENTAJAS	55
2.18.14 BATERÍAS DE ELECTROLITO GELIFICADO O DE GEL	55
2.18.15 Ventajas y desventajas de las baterías electrolito gelificado o de GEL.	56
2.18.16 Ventajas.....	56
2.18.17 Desventajas:	57
2.18.18 Baterías Estacionarias OPZ de Placa de Plomo Tubular.....	57
2.18.19 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS OPZ	59
2.18.20 DESVENTAJAS.	59
2.18.21 BATERÍAS DE LITIO.	59
2.18.22 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE LITIO:	60
2.18.22.1 VENTAJAS.	60
2.18.22.2 DESVENTAJAS.	60
2.19 BANCO DE BATERÍAS.....	60
2.19.1 CRITERIOS A CONSIDERAR AL SELECCIONAR LAS BATERÍA.....	60
2.19.2 ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DEL BANCO DE BATERÍAS.....	60
2.20 ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA PANELES SOLARES.....	61
2.21 TIPOS ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA PANELES SOLARES	61
2.21.1 ESTRUCTURAS DE SOPORTE FIJA.....	61
2.21.2 ESTRUCTURAS DE SOPORTE MÓVIL.....	62
2.22 BASES PARA MONTAJES DE PANELES SOLARES	63
2.22.1 TIPOS DE BASES PARA MONTAJES DE PANELES SOLARES	63
CAPÍTULO III.....	64
METODOLOGÍA.....	64

Capítulo 4. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO Y CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO.....	65
4.1 NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL.....	65
4.1.1 NORMATIVA NACIONAL.....	65
4.1.1.1 INICIATIVA PARA LA ENERGÍA RENOVABLE EN LAS AMÉRICAS Y EN EL SALVADOR.....	65
4.1.1.2 LEY DE MEDIO AMBIENTE (1998).....	65
4.1.1.3 LEY DE INCENTIVOS FISCALES PARA EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (2007).	66
4.1.1.4 ACUERDO NO. 39. CATEGORIZACIÓN DE ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS SEGÚN LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE (2007).....	67
4.1.1.5 ACUERDO NO. 33. MODIFICACIÓN DE ACUERDO NO. 39. CATEGORIZACIÓN DE ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS DESTINADOS AL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA LA GENERACIÓN DE CALOR O ENERGÍA ELÉCTRICA (2012).....	68
4.1.1.6 REGLAMENTO ESPECIAL EN MATERIA DE SUSTANCIAS, RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.....	6
9	
4.1.1.7 SIGET. SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES.....	71
4.1.2 NORMATIVA INTERNACIONAL.....	72
4.1.2.1 NFPA 70. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION.(ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO).....	72
4.1.2.2 NFPA 70. ARTICULO 690. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	73
4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	75
UBICACIÓN DEL PROYECTO Y DIMENSIONES DEL EDIFICIO “A”.....	75
4.2.1.1 DIMENSIONES EDIFICIO “A”.....	76
4.2.1.2 VISTA FRONTAL DEL EDIFICIO “A”.....	76
4.2.1.3 VISTA LATERAL Y ÁNGULO DEL TECHO.....	77
4.2.2 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.....	77
4.2.2.1 PASOS PARA OBTENER PARÁMETROS DE IRRADIACIÓN Y CLIMATOLOGÍA DE LA PÁGINA WEB NASAPOWER DATA ACCESS VIEWER.....	78
4.2.2.2 TEMPERATURA MÁXIMA A 2 METROS EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS.....	80
4.2.2.3 TEMPERATURA MÍNIMA A 2 METROS EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS.....	80
4.2.2.4 RANGO DE VELOCIDAD DEL VIENTO A 10 METROS (M/S) EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS.....	80
4.2.2.5 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS PROMEDIO SEGÚN EL SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES.....	81
81	
4.3 LEVANTAMIENTO DE DATOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO.....	81
Distribución del sistema de luces fluorescentes.....	81
4.3.2 DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO AUDIOVISUAL.....	82
4.3.3 Vista de planta Sistema de distribución edificio “A”.....	82

4.3.4 DIAGRAMA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO “A”	83
4.3.5 Cálculo de Horas uso por día del Sistema de Luces y Equipo Audiovisual.	83
4.3.6 CÁLCULO DE CARGA DE ILUMINACIÓN USANDO TUBOS FLUORESCENTES (COMO ANTECEDENTE DEL CONSUMO)	84
4.3.7 CÁLCULO DE CARGA TOTAL KWH SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED SEGÚN HORAS DE USO (4.5 H/DÍA).....	84
4.3.8 CÁLCULO DE CARGA EQUIPO AUDIOVISUAL PARA DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	85
4.4.2 CÁLCULO DEL ÁNGULO ÓPTIMO DE INCLINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DONDE SE FIJARAN LOS PANELES SOLARES Y PROMEDIO DE RADIACIÓN SOLAR POR DÍA.....	86
4.4.3 CÁLCULO DE HORA SOLAR PICO PARA EL PROYECTO	87
4.5 CÁLCULOS PARA SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS	87
4.5.1 DATOS DEL SISTEMA	87
4.5.2 FÓRMULA PARA CÁLCULO DE CANTIDAD DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	88
4.5.3 CÁLCULO DE AMPERIOS HORA DEL BANCO DE BATERÍAS	88
4.5.4 ARREGLO DEL BANCO DE BATERÍAS	89
4.5.5 POTENCIA DEL INVERSOR.....	90
4.5.6 CONEXIÓN DE PANELES SOLARES	90
4.5.7 DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR DE CARGA	91
4.5.8 CÁLCULO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES	92
4.5.9 DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA FIJACIÓN DE PANELES SOLARES	94
4.5.9.1 DIMENSIONES DE PANELES SOLARES SEGÚN POTENCIA.....	94
4.5.10 DIMENSIONES Y ORIENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE	95
4.5.11 ANGULO DE INCLINACIÓN DE LA ESTRUCTURA	96
4.5.12 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE BATERÍA	97
4.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLIEGO DE CONDICIONES.	98
4.6.1 OBJETIVO.....	98
4.6.2 Aspectos Generales	98
4.6.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	98
4.6.3.1 GENERADORES FOTOVOLTAICOS	98
4.6.3.2 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS	99
4.6.3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	99
4.3.6.4 ESTRUCTURA DE SOPORTE	100
4.6.3.5 INVERSOR	102
4.6.3.6 ACUMULADORES DE PLOMO - ACIDO (MONOBLOCK).....	103
4.6.3.7 REGULADORES DE CARGA	104
4.6.3.8 CABLEADO.....	105

4.6.3.9 PROTECCIONES.....	106
4.6.3.10 PUESTA A TIERRA	106
4.6.3.11 ALUMBRADO	107
4.6.3.12 RECEPCIÓN Y PRUEBAS	107
4.6.4 CONTRATO DE MANTENIMIENTO.....	108
4.6.4.1 GENERALIDADES.....	108
4.6.4.2 GARANTÍAS.....	110
4.6.4.3 PLAZOS	110
4.6.4.4 GARANTÍA DE EQUIPOS:	111
4.6.4.5 ANULACIÓN DE LA GARANTÍA	111
4.6.4.6 LUGAR Y TIEMPO DE LA PRESTACIÓN	112
4.6.5 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	112
4.6.5.1 TRABAJOS CON ESCALERA DE MANO:	112
4.6.5.2 TRABAJOS EN ALTURAS:.....	113
4.6.5.3 HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS.....	114
4.6.5.4 TRABAJOS CON CORTADORA DE DISCOS.....	114
4.6.5.5 EQUIPOS DE SOLDADURA:	114
4.6.5.6 HERRAMIENTAS MANUALES	115
4.6.6.1 PRENDAS DE PROTECCIÓN	115
4.6.6.2 MANEJO DEL BANCO DE BATERÍAS	115
4.6.6.3 ZONAS DE RIESGO	116
4.6.6.4 LIBRO DE INCIDENCIAS O BITÁCORA.....	116
4.7 ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTO TOTAL DE LA OBRA	117
4.7.1 LISTADO DE PRECIOS:.....	117
4.8 LISTADO DE PARTIDAS	119
4.9 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO	122
4.9.1 EXPOSICIÓN FINAL DEL PROYECTO A LAS AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD (UTLA), PARA PROCEDER A LA LICITACIÓN	122
4.10 DETALLE DE COTIZACIONES Y RESPUESTA	122
4.11 EMPRESAS A LAS QUE SE SOLICITÓ REALIZAR UNA OFERTA.....	123
4.12 PROPUESTA ALBATECH Y EPC REGIONAL, S.A. DE C.V.4.3.1.1 CARTA DE OFERTA ECONÓMICA	125
4.12.1 PROPUESTA ECONÓMICA OBRA ELÉCTRICA	126
4.12.2 PROPUESTA DEL SOL ENERGY S.A. DE C.V.	127
4.12.2.3 CARTA DE OFERTA ECONÓMICA	127
4.12.2.4 Propuesta de DEL SOL ENERGY	128
4.13 ASIGNACIÓN DEL PROYECTO A LA EMPRESA DEL SOL ENERGY S.A. DE C.V.....	129
4.13.1 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	129

4.13.2 CAMBIO DE PANELES POLICRISTALINOS POR MONOCRISTALINOS (MISMA POTENCIA).	129
4.13.3 CAMBIO DE BATERÍAS OPTIMA GEL (50 AH) POR BATERÍAS TROJAN MONOBLOCK (100 AH) ..	130
4.13.4 AUTORIZACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	130
4.13.4 READECUACIÓN DE CIRCUITOS Y CAMBIO DE LUMINARIAS FLUORESCENTES.....	131
4.13.5 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DE LOS PANELES SOLARES.	132
4.13.5.1 INSPECCIÓN DEL TECHO Y LEVANTAMIENTO DE MEDIDAS.....	132
4.13.5.2 Corte y Perforación de las partes.	134
4.13.5.3 UNIÓN Y MONTAJE DEL SOPORTE SOBRE EL TECHO.	135
4.13.5.4 CONEXIÓN DE LOS PANELES SOLARES, DISPOSITIVOS Y CONDUCTORES UTILIZADOS	137
4.13.6 MONTAJE DEL BANCO DE BATERÍAS, EQUIPO DE REGULACIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	138
4.13.6.1 INSPECCIÓN DEL LUGAR DONDE SE COLOCARÍA EL BANCO DE BATERÍAS Y DEMÁS DISPOSITIVOS.	138
4.13.6.2 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y BANCO DE BATERÍAS.	139
4.13.7 REVISIÓN FÍSICA Y TÉCNICA DEL EQUIPO A INSTALAR.	140
4.13.8 FIJACIÓN A LA PARED DEL EQUIPO DE REGULACIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	141
4.13.9 CONEXIÓN DEL INVERSOR A LA CARGA Y A LA RED COMO RESPALDO.....	142
4.13.10 INTERCONEXIÓN DEL EQUIPO Y MATERIAL UTILIZADO.	143
4.14 PRUEBAS DEL SISTEMA.....	145
4.14.1 PRIMERA ETAPA - SUPERVISIÓN, PRUEBAS Y MEDICIONES. (TÉCNICO DE EMPRESA Y ALUMNOS)	145
4.14.1.1 MEDICIÓN DEL VOLTAJE DEL SISTEMA DE PANELES SOLARES Y VOLTAJE DE CARGA DE LAS BATERÍAS.	145
4.14.1.2 FALLA DETECTADA: INCOMPATIBILIDAD ENTRE EL REGULADOR DE CARGA MPPT75HV Y EL INVERSOR.	146
4.14.1.3 FALLA DETECTADA: CAMBIO DE MATE1 POR MATE3.....	147
4.14.2 SEGUNDA ETAPA: SUPERVISIÓN, PRUEBAS Y MEDICIONES - ABRIL 2019.....	147
4.14.2.1 MEDICIONES EN CONTROLADOR DE CARGA JUEVES 04/04/2019. 13:33 PM.....	148
4.15 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMADOR MATE3 Y SUS PRINCIPALES INDICADORES	149
4.15.1 EXPLICACIÓN DE LOS LED COMO INDICADORES DEL ESTADO EN EL MATE3.	149
4.16 TOMA DE LECTURAS EN PANTALLA PCL DEL PROGRAMADOR MATE3.	151
4.17 TERCERA ETAPA: SUPERVISIÓN, PRUEBAS Y MEDICIONES.....	152

4.17.1 CORRECCIÓN DE LAS OBSERVACIONES REALIZADAS POR LAS AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD (UTLA) AL PROYECTO.	153
4.17.2 SUPERVISIÓN DE CORRECCIONES POR PARTE DE LAS AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD (UTLA).	153
4.18 PRUEBA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA, CONSUMO E INGRESO DE LA RED COMO RESPALDO	154
4.18.1 MEDICIONES DE GENERACIÓN Y COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA EN UN DÍA NUBLADO.	156
4.18.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS LED EN LA IMAGEN EQUIVALENTE A LA PANTALLA DEL MATE3	156
4.18.1.2 GRÁFICA 1. COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA EN UN DÍA NUBLADO – GRÁFICA	157
4.18.1.3 Gráfica 2. Mediciones sin generación fotovoltaica y con el banco de baterías alimentando la carga.	158
4.18.4 GRÁFICA 3. TRANSFERENCIA ENTRE EL BANCO DE BATERÍA Y LA RED.	159
4.18.1.5 GRÁFICA 4. TRANSFERENCIA ENTRE EL BANCO DE BATERÍA Y LA RED – SISTEMA DE PANELES COMO RESPALDO DE LA RED.	160
4.18.1.6 GRÁFICA 5. TRANSFERENCIA ENTRE LA RED Y EL SISTEMA DE PANELES SOLARES	161
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones de los Resultados	163
5.1. Conclusiones	163
5.2. Recomendaciones de los resultados.	163
GLOSARIO	170
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174
CAPITULO 8	178
ANEXOS	178

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución horaria de la irradiancia solar en un día sin nubes.	25
Figura 2. Tipos de irradiancia solar.	25
Figura 3. Mapa de Brillo Solar de El Salvador – promedio anual.	27
Figura 4. Mapa de radiación Solar de El Salvador – promedio anual.	27
Figura 5. Latitud y Longitud.	29
Figura 6. Solsticios y equinoccios.	29
Figura 7. Ángulo acimut, Zenit y ángulo de elevación.	30
Figura 8. Efecto de la luz en un material fotoeléctrico.	31
Figura 9. Composición de una celda solar fotovoltaica.	32
Figura 10. Instalaciones conectadas a la red.	34
Figura 11. Sistema aislado de la red.	36
Figura 12. Panel solar monocristalino.	38
Figura 13. Panel solar policristalino.	39
Figura 14. Módulo fotovoltaico de capa fina / con silicio amorfo.	41
Figura 15. Curva Tensión/Corriente/Potencia módulo fotovoltaico.	43
Figura 16. Panel solar o módulo fotovoltaico.	44
Figura 17. Inversores.	45
Figura 18. Regulador de carga.	48
Figura 19. Batería plomo acido.	51
Figura 20. Baterías monoblock.	52
Figura 21. Baterías AGM.	54
Figura 22. Batería de electrolito gelificado o de GEL.	55
Figura 23. Baterías OPZ-S o estacionarias.	57
Figura 24. Baterías de Litio.	59
Figura 25. Soportes para paneles solares.	62
Figura 26. Soportes móviles.	62
Figura 27. Bases para el montaje de paneles solares.	63
Figura 28. Decreto 233. Ley del medio ambiente.	66
Figura 29. Acuerdo No. 39. Categorización de actividades, obras o proyectos según la Ley del medio ambiente.	67

Figura 30. Modificación de acuerdo No. 39. Diario Oficial N.105.....	68
Figura 31. Norma NFPA 70. Artículo 690. Sistema solares fotovoltaicos. Pag.669 – 684....	73
Figura 32. Ubicación y orientación del edificio.....	75
Figura 33. Dimensiones del edificio “A”, largo y ancho.....	76
Figura 34. Vista frontal del edificio “A”.....	76
Figura 35. Vista lateral del edificio y ángulo del techo.....	77
Figura 36. Pantalla principal de la página POWER DATA ACCESS VIEWER.....	78
Figura 37. Menú principal POWER Single Point Data Access.....	78
Figura 38. Menú de parámetros por día y por año.....	79
Figura 39. Distribución del sistema de luces en edificio “A”.....	81
Figura 40. Distribución de equipo audiovisual edificio “A”.....	82
Figura 41. Vista de planta sistema de distribución edificio “A”.....	82
Figura 42. Diagrama unifilar del sistema de distribución edificio “A”.....	83
Figura 43. Arreglo del banco de baterías.....	89
Figura 44. Construcción de la Matriz fotovoltaica.....	91
Figura 45. Cuadro de carga de demanda del sistema fotovoltaico.....	94
Figura 46. Diseño de la estructura del sistema de paneles solares.....	95
Figura 47. Ángulo de inclinación de la estructura.....	96
Figura 48. Ángulo de orientación de la estructura.....	96
Figura 49. Estructura del banco de baterías.....	97
Figura 50. Listado de precios de estructura de aluminio.....	117
Figura 51. Precio de paneles solares.....	117
Figura 52. Precio de Inversor.....	118
Figura 53. Precio de regulador Outback.....	118
Figura 54. Precio de monitor para Outback.....	118
Figura 55. Precio Comunicador e interface Outback.....	118
Figura 56. Precio de baterías monoblock.....	119
Figura 57. Carta de oferta económica ALBATECH Y EPC regional.....	125
Figura 58. Propuesta económica obra eléctrica ALBATECH Y EPC regional.....	126
Figura 59. Carta de oferta económica Del Sol Energy S.A. de C.V.....	127
Figura 60. Propuesta de Del Sol Energy S.A. de C.V.....	128
Figura 61. Readecuación de circuitos y cambio de luminarias fluorescentes.....	131

Figura 62. Inspección del techo	133
Figura 63. Corte y perforación de las partes de la estructura	134
Figura 64. Unión y montaje del soporte sobre el techo.....	135
Figura 65. Montaje de los paneles solares sobre el soporte en el techo.	136
Figura 66. Conexión de los paneles solares, dispositivos y conductores utilizados.	137
Figura 67. Ubicación de banco de baterías cuarto de control - costado sur del Aula A-5). .	138
Figura 68. Estructura y banco de baterías.	139
Figura 69. Dispositivos de regulación, control y protección.	140
Figura 70. Fijación del equipo de regulación, control y protección a la pared.....	141
Figura 71. Conexión del inversor.....	142
Figura 72. Interconexión del equipo.....	144
Figura 73. Controlador de carga MPPT75HV.....	145
Figura 74. Controlador MPPT75HV sustituido por Controlador FLEXmax 80 A.....	146
Figura 75. MATE1 sustituido por MATE3.....	147
Figura 76. Lectura de medidas en pantalla del controlador de carga MPPT75HV.....	148
Figura 77. Indicadores en el programador MATE3.....	149
Figura 78. Lecturas en pantalla de programador MTE3 y medición con multímetro.....	151
Figura 79. Medición de voltaje en banco de baterías usando un multímetro.....	152
Figura 80. Acciones realizadas para corregir las observaciones de la supervisión.	154
Figura 81. Representación gráfica para Pantalla de MATE3.....	155
Figura 82. Representación gráfica para Pantalla del controlador de carga.....	156
Figura 83. Descripción de los led para imagen equivalente a la pantalla del MAT3.....	156
Figura 84. Gráfica que muestra el funcionamiento del sistema fotovoltaico.....	157
Figura 85. Gráfica que muestra la carga siendo alimentada por el banco de baterías.....	158
Figura 86. Gráfica que muestra el tiempo de transferencia entre banco de baterías y la red.	159
Figura 87. Pantalla del MATE3. 11:12 am. 49.8. Ingresó la red.....	160
Figura 88. Gráfica que muestra la transferencia entre el banco de baterías y la red.	160
Figura 89. Gráfica que muestra el tiempo de transferencia entre red y la generación fotovoltaica.	161
Figura 90. Bitácora de la construcción y montaje del sistema fotovoltaico.....	179

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Grupo A.....	69
Tabla 2. Grupo B.....	70
Tabla 3. Temperatura máxima promedio a 2 metros.....	80
Tabla 4. Temperatura mínima promedio a 2 metros.	80
Tabla 5. Rango de velocidad del viento a 10 metros (m/s).	80
Tabla 6. Cálculo de carga total kwh- Sistema de iluminación fluorescente edificio "A".....	84
Tabla 7. Consumo de energía - Sistema de iluminación Led edificio "A".....	84
Tabla 8. Cálculo demanda total kwh- Equipo audiovisual edificio "A".	85
Tabla 9. Radiación solar en los últimos 5 años en el lugar del proyecto.....	86
Tabla 10. Promedio de radiación mensual, anual, optima y ángulo de inclinación.	86
Tabla 11. Medidas de paneles solares según su potencia.....	94
Tabla 12. Tabla de pérdidas permitidas.	99
Tabla 13. Partidas - proyecto.	121

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño y montaje de una instalación solar fotovoltaica aislada, con el fin de establecer un sistema de generación que suministre energía eléctrica a un moderno sistema de luces Led y equipo audiovisual instalado en edificio "A", local tres de la universidad Técnica Latinoamericana (UTLA), cuyas instalaciones se sitúan en 3ª Avenida norte y 7ª Calle oriente N° 4-6, Santa Tecla, utilizando para el mismo los siguientes dispositivos: Paneles fotovoltaicos, regulador de carga, acumuladores o baterías e inversores, previo análisis de los cinco factores principales a considerar en este tipo de sistemas, es decir:

1. La potencia necesaria.
2. El consumo de energía.
3. El tipo de consumo (monofásica, trifásica etc.).
4. Las horas de uso para el cual se diseña el proyecto.
5. Ubicación de los paneles solares y demás componentes internos y externos.

Así como los factores climatológicos que podrían afectar el suministro de energía en las dos principales estaciones del año, poniendo en práctica de esta manera todos los conocimientos adquiridos en el desarrollo de las distintas materias que comprenden el pensum de la carrera de Ingeniería eléctrica, fomentando el aprovechamiento de una de las principales fuentes de energía renovable, favoreciendo en gran medida a los estudiantes de la Universidad, a quienes se les garantizará de esta manera la iluminación y suministro ininterrumpido de energía sobre todo en horas de la noche, sin importar las fallas que se presenten en la red de distribución tradicional, otorgando así un diseño físico real amigable con el medioambiente.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

En 1992 se crea la Iniciativa para la Energía Renovable en las Américas por un consorcio de los Estados Unidos, América Latina y el Caribe, con el propósito de promover soluciones sostenibles especialmente sobre la energía renovable y eficiencia energética. Durante la conferencia y exposición llevada a cabo en Puerto Rico en 1994, diferentes gobiernos de América Latina y el Caribe, se unieron con el Consejo de Exportación de Energía Renovable de los Estados Unidos para programar una agenda de colaboración formal en energía renovable y energía eficiente. Se firmó la Declaración (por 16 países) y el establecimiento de un grupo de trabajo perteneciente a la energía renovable en las américas.

Los objetivos de la Iniciativa son cuatro:

1. Identificar y promover proyectos factibles de energía renovable y oportunidades de proyectos de eficiencias energéticas en la región de América Latina y el Caribe.
2. Promover medidas de política que avancen el uso de energía renovable y las tecnologías de eficiencia energética.
3. Desarrollar y conseguir mecanismos innovadores de financiamiento que se presten a las características técnicas de energía renovable y eficiencia energética y apropiada a las necesidades sociales y económicas de un grupo diverso de usuarios.
4. Proveer asistencia técnica y entrenamiento sobre materias relacionadas con el desarrollo de energía sostenible.

La iniciativa fue transferida a la Organización de Estados Americanos (OEA) en 1998 a fin de mejorar los servicios a América Latina y el Caribe. Desempeñando un papel importante en el seguimiento de las Cumbres de las Américas y en los preparativos para ellas. Este proceso que busca impulsar el desarrollo sostenible de la protección ambiental en toda la región permite expandir aún más el alcance de la Iniciativa.

La Política Nacional Energética Salvadoreña de 2007, apoya la diversificación y el aumento de las fuentes de energía, principalmente a través de energías renovables como la hidroeléctrica, la geotérmica, la solar, la eólica y los biocombustibles (así como el carbón mineral y el gas natural). Además de las energías hidroeléctrica y geotérmica, el gobierno prevé un incremento de 50 MW adicionales en la generación con recursos renovables en los próximos 10 años a partir de energía eólica, energía solar y plantas hidroeléctricas.

En noviembre de 2007, El Salvador aprobó la Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables. Este nuevo marco legal incluye incentivos tales como una exención de impuestos de 10 años para proyectos mayores a 10 MW de capacidad de generación. Un nuevo Sistema de Fomento de las Energías Renovables (SIFER) contempla la creación de un Fondo Rotativo de Fomento de las Energías Renovables que otorgaría créditos blandos, garantías y asistencia para la financiación de estudios de factibilidad de nuevos proyectos.

Hoy día, existen distintos adelantos tecnológicos que buscan aprovechar de la mejor manera las fuentes energéticas disponibles, por ello en algunos países, se enfatiza en su desarrollo no solo para responder a la creciente demanda energética, sino también como una forma de desarrollo económico.

Uno de los temas que llama poderosamente la atención, es lo difícil que se vuelve cada día la sostenibilidad de la creciente demanda de energía eléctrica en el mundo entero, impulsada sobre todo por las nuevas formas de vida y trabajo, que cada vez son más dependientes de la energía eléctrica. El salvador no escapa a esta realidad y enfrenta una constante demanda de energía de los hogares y empresas, lo que podría causar en un futuro cercano un desbalance entre la oferta y la demanda, al grado de optar por el racionamiento como una medida alterativa, sin pasar por alto el encarecimiento de la energía reflejado en la factura mensual emitida por los distribuidores. Por ello urge no solo a nivel mundial sino local, transformar el patrón tradicional de consumo y generación de energía, sustituyendo los mismos por fuentes de energía limpia y obtenida a través de recursos renovables.

1.2 Definición o planteamiento de caso

1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Distintos sectores y entidades se quejan por el alto costo de la energía que se paga en El Salvador, la Universidad técnica Latinoamericana (UTLA) no está exenta de esta situación, de igual manera el suministro continuo de energía puede fácilmente ser afectado por fenómenos atmosféricos que causen daños a la red de distribución, ocasionando así interrupciones o variaciones en la calidad del suministro de energía. Por ello se propone el presente proyecto de una instalación solar fotovoltaica aislada y amigable con el medio ambiente, previo al cual analizaremos la factibilidad de este y que cumpla con tres principios fundamentales.

1. Que sea amigable con el medio ambiente.
2. Que garantice la calidad y continuidad del suministro de energía.
3. Que impacte de manera positiva en la reducción del costo de la factura mensual que actualmente se paga.

1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En América Latina, gran parte de la generación de energía eléctrica se realiza a través de combustibles fósiles, lo que generalmente les hace depender de un mercado de combustibles inestable y dependiente de la situación geopolítica de los países productores de petróleo, lo que no solo tiende a encarecer la generación, sino a contribuir con los altos niveles de contaminación, apremiando cada vez más el uso de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente, que impacten positivamente en la transformación de la matriz energética de cada país, que no solo permita el ahorro de energía, sino colocar a la Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA), dentro de las entidades de educación superior, que ya cuentan con proyectos propio de generación a través de fuentes renovables.

1.2.3 IMPORTANCIA DEL PROYECTO.

Diseñar e implementar una instalación solar fotovoltaica aislada en el edificio "A" de la Universidad Técnica Latinoamericana, como parte del trabajo de graduación resultó ser de gran beneficio, pues con ello se facilitó no solo poner en práctica los conocimientos adquiridos durante cada una de las materias de la carrera de ingeniería eléctrica, sino profundizar y enriquecer los conocimientos en el tema de energía renovables, sobre todo en los pasos a seguir para diseñar e instalar un sistema de generación solar fotovoltaico aislado, que no contamina y que garantiza el suministro permanente de energía eléctrica independientemente de la red tradicional, de igual manera se ejecutó un proyecto que puede ser apreciado, analizado y en el mejor de los casos continuado por las futuras generaciones de estudiantes de la Universidad Técnica Latinoamericana.

1.3 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una instalación solar fotovoltaica aislada, para el suministro de energía del edificio A en aulas “A-1, A-2, A-3, A-4 y A-5”, del local 3 de la Universidad Técnica Latinoamérica, ubicada en 3ª Avenida Norte y 7ª Calle Oriente nº 4-6, Santa Tecla.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.** Diseñar un sistema solar fotovoltaico aislado que suministre energía al alumbrado LED y equipo audiovisual del edificio A.
- 2.** Construir un sistema de generación solar fotovoltaico, que garantice el suministro continuo de energía al edificio “A” de la Universidad técnica latinoamericana.
- 3.** Contribuir a la conservación del medio ambiente, mediante el fomento del uso de energías renovables.

1.4 JUSTIFICACIÓN Y USO DE LOS RESULTADOS (INTRODUCCIÓN Y APLICABILIDAD)

1.4.1 JUSTIFICACIÓN

Es la Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA), una institución de educación superior con una trayectoria en la formación de profesionales, razón por la cual se ejecutó el proyecto de graduación "Diseño y construcción de una instalación solar fotovoltaica aislada para alimentar las aulas A1, A2, A3, A4 y A5 del local 3 de la UTLA" contribuyendo al desarrollo y modernización la institución académica.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL CASO

1.5.1 ALCANCES

1. Análisis de la demanda del sistema de luces y equipo audiovisual instalados en el edificio “A”, local tres de la Universidad Técnica Latinoamericana, según horas–uso, con el fin de realizar los cálculos necesarios para determinar las características técnicas de los componentes del sistema, y el tiempo de autonomía de este.
2. Diseño del sistema fotovoltaico especificando en el plano, sistema de distribución, ubicación de cada dispositivo, características y simbología, presentando a su vez un presupuesto detallado del costo del proyecto realizado.
3. Construcción y montaje de un sistema solar fotovoltaico aislado.

1.5.2 LIMITACIONES

1. La no disponibilidad de un software profesional para diseño de sistemas fotovoltaico.
2. Los escasos de participantes en la licitación privada realizada para la contratación del suministro y montaje del proyecto.
3. La incompatibilidad del controlador de carga con el inversor que inicialmente suministró la empresa contratada.

1.6 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.6.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

El presente proyecto se desarrolló en el edificio “A”, que comprende las aulas “A-1, A-2, A-3, A-4 y A-5”, en el local 3 de la Universidad Técnica Latinoamericana, ubicada en 3ª Avenida Norte y 7ª Calle Oriente nº 4-6, Santa Tecla.

1.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El proyecto se realizó entre los meses de diciembre de 2018 a julio de 2019, comprendiendo el análisis y cálculo del consumo eléctrico de la carga, según las horas que se utilicen tanto las luminarias como el equipo audiovisual, para determinar los parámetros de los dispositivos a utilizar en el diseño y montaje del sistema.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.0 TIPOS DE ENERGÍA

2.1 ENERGÍA ELÉCTRICA.

Es la que se produce mediante el movimiento de cargas electromagnéticas (electrones positivos y negativos), las cuales son conducidas por medio de cables o barras y transformada en muchas otras formas de energía como: energía lumínica, energía mecánica y energía térmica.

2.1.2 ENERGÍAS RENOVABLES

Son aquellas energías que provienen de recursos naturales que no se agotan y a los que se puede recurrir de manera permanente, siendo una de ellas la energía solar.

2.1.3 ENERGÍA SOLAR

Es la energía proveniente del sol a través de sus radiaciones. Se conoce como energía verde ya que es una fuente amigable con el medio ambiente. Existen a la fecha dos formas convencionales para utilizar la energía proveniente del sol: Sistemas solares térmicos y Sistemas solares fotovoltaicos para convertirla en electricidad. El término fotovoltaico viene del vocablo griego “Phos” que significa luz y Volt en honor a Alessandro Volta.

2.2 LA IRRADIANCIA

Es una magnitud representada por el cociente entre la potencia (la energía por unidad de tiempo) y el área que recibe la radiación. El sol produce una cantidad de energía constante que, en el momento de incidir sobre la superficie terrestre pierde parte de su potencia debido a distintos fenómenos ambientales.

La potencia radiante de 1367 W/m^2 , denominada constante solar, que llega al Planeta

Tierra no es la que finalmente alcanza la superficie Irradiancia = P/A, Donde: P= potencia medida en Watts (W) y A= área en m². Las unidades presentadas anteriormente son las de irradiancia en el sistema internacional de unidades, para usos prácticos de mediciones de radiación solar diaria y anual se utilizan las unidades kWh/m²/día y kWh/m²/año.

La radiación solar es portadora de una energía radiante que expresamos en julios (J) o en Watt - hora (Wh). La energía es emitida por el sol radialmente en todas direcciones, de tal manera que la energía que se recibe sobre la Tierra por unidad de área es la fracción correspondiente de dividir esta energía total por el área de una esfera que tenga de radio la órbita de la tierra (1.5x10⁸ Km). Si efectuamos el cálculo, obtenemos el valor de la llamada Constante Solar, 1.367 W/ m².

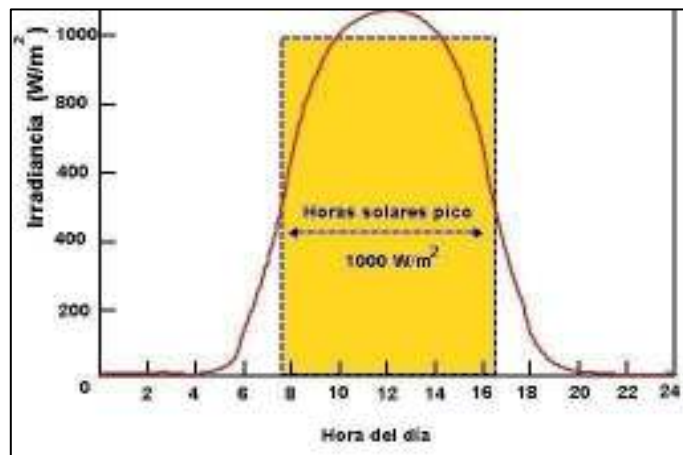


Figura 1. Distribución horaria de la irradiancia solar en un día sin nubes.¹

2.2.1 TIPOS DE IRRADIACIÓN SOLAR

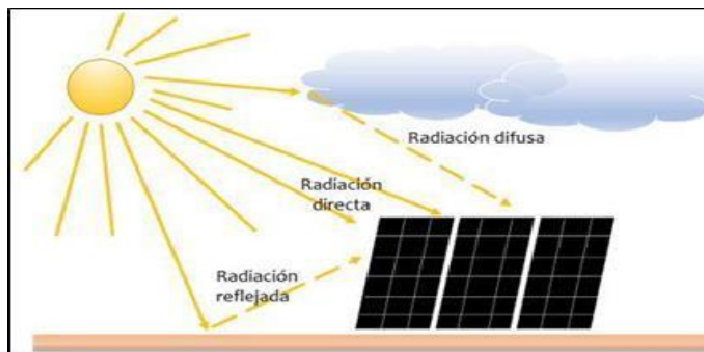


Figura 2. Tipos de irradiancia solar.²

¹ calculationsolar.com - Hora solar pico - Fecha de consulta 12/2018 - En línea: <http://calculationsolar.com/blog/?cat=2>

2.2.2 IRRADIACIÓN SOLAR DIRECTA:

Es la radiación que incide sobre una superficie directamente del Sol, sin sufrir cambios de dirección

2.2.3 IRRADIACIÓN SOLAR DIFUSA:

Es aquella que llega después de ser reflejada o incluso la radiación infrarroja emitida por las moléculas después de sufrir un calentamiento por efecto de absorción de radiación solar.

2.2.4 RADIACIÓN SOLAR TOTAL:

Es la sumatoria de ambas irradiaciones.

2.3 MAPA DE BRILLO SOLAR PROMEDIO DE HORAS DE LUZ SOLAR EN EL TERRITORIO SALVADOREÑO

La cantidad de “brillo del sol”, en la que el sol se presenta limpio, sin perturbaciones, es lo que se conoce como heliofanía. De ahí recibe su nombre el heliógrafo, el instrumento para medirla, que registra la duración de la radiación solar directa sobre la superficie.

La heliofanía vendría a ser lo mismo que la insolación anual. El valor se obtiene a partir del número de horas de sol registradas a lo largo del año. La duración de la luz del sol sigue un patrón geográfico general. Al igual que el mapa de radiación solar, es necesario conocer el promedio anual de horas de luz solar en las distintas zonas y sectores del territorio nacional, lo que se demuestra en el siguiente.

2.4 MAPA DE RADIACIÓN SOLAR EN EL SALVADOR - PROMEDIO ANUAL

Observando el mapa de radiación solar de El Salvador, donde se detalla el promedio de radiación solar en todo el territorio nacional, se obtiene uno de los parámetros que servirán para el diseño.

2 hrudnick.sitios.ingl - Tipos de irradiancia - Fecha de consulta 12/2018 – En línea

http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Principios_funcionamiento.html



Figura 3. Mapa de Brillo Solar de El Salvador – promedio anual.³

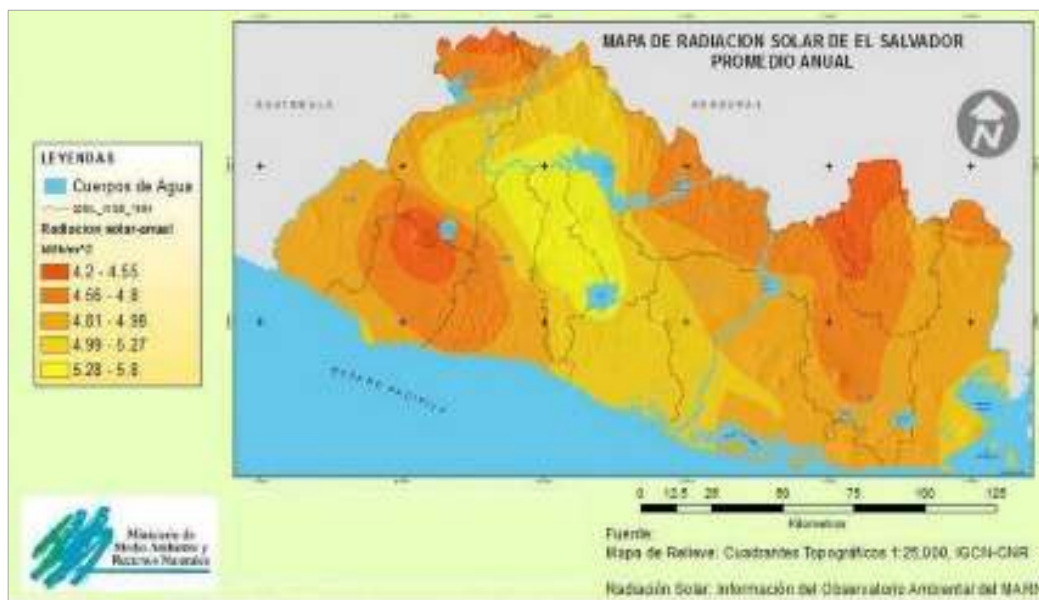


Figura 4. Mapa de radiación Solar de El Salvador – promedio anual.⁴

³ snet.gov.sv - Boletín Climatológico, Octubre 2016 -Pág. 15 y 16 – Fecha de consulta 12/2018 - En línea: <http://www.snet.gov.sv/UserFiles/meteorologia/climatico102016.pdf>

⁴ docplayer.es – Actualización de mapa de radiación solar - pág.201 – Fecha de consulta 12/2018 - En línea: <https://docplayer.es/40256729-Actualizacion-del-mapa-de-radiacion-solar-de-el-salvador.html>

2.5 ASPECTOS IMPORTANTES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR.

2.5.1 MOVIMIENTO DE LA TIERRA

La Tierra está en continuo movimiento y se desplaza con el resto de planetas y cuerpos del sistema solar, girando alrededor del centro de la galaxia, lo que afecta en menor grado la vida cotidiana; sin embargo, el movimiento que realiza describiendo su órbita alrededor del sol es de suma importancia ya que determina el año y el cambio de las cuatro estaciones, así mismo el movimiento de la rotación de la tierra alrededor de su propio eje, que da lugar al día y la noche.

2.5.2 ÓRBITA ELÍPTICA

Se denomina órbita elíptica, a la que describe un astro que gira en torno a otro en el caso del sistema solar, el astro sol esta al centro de los focos de la elipse y los planetas giran alrededor del sol, entre ellos la tierra que también describe una elipse y las cuatro estaciones del año, se determinan de acuerdo a cuatro posiciones principales en la órbita terrestre en su giro alrededor del Sol, lo que se conoce también como plano de la eclíptica,recibiendo los nombres de: solsticios y equinoccios.

2.5.3 LATITUD Y LONGITUD

Cualquier lugar de la Tierra se determina con dos números, su **latitud** y su **longitud**. Si el piloto o el capitán de un barco quieren especificar su posición en un mapa, estas son las "coordenadas" que deben usar. Si imaginamos por un momento que a la Tierra como una esfera transparente, a través de ella podríamos ver su plano ecuatorial y en el centro el punto 0, que sería el centro de la tierra, como se puede apreciar en la imagen ilustrativa de la Figura 5 (Latitud y Longitud). La Latitud de un punto P en la superficie, se determina dibujando el radio OP hasta ese punto, Entonces, el ángulo de elevación de ese punto sobre el ecuador sería su latitud, latitud Norte si está al Norte del Ecuador, latitud Sur (o negativa) si está al Sur de él.

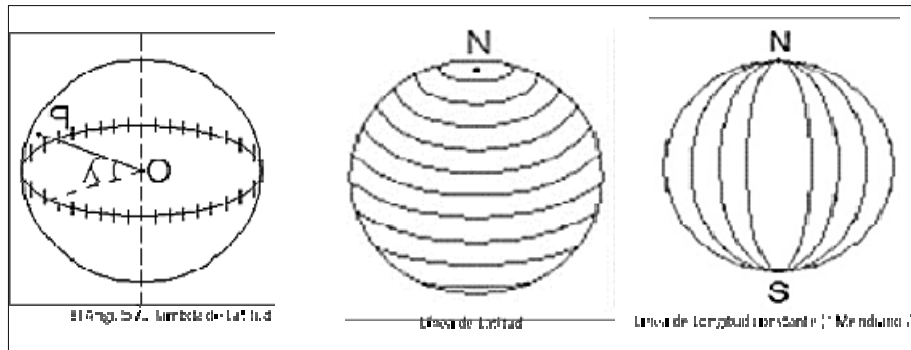


Figura 5. Latitud y Longitud.⁵

2.5.4 SOLSTICIOS Y EQUINOCCIOS

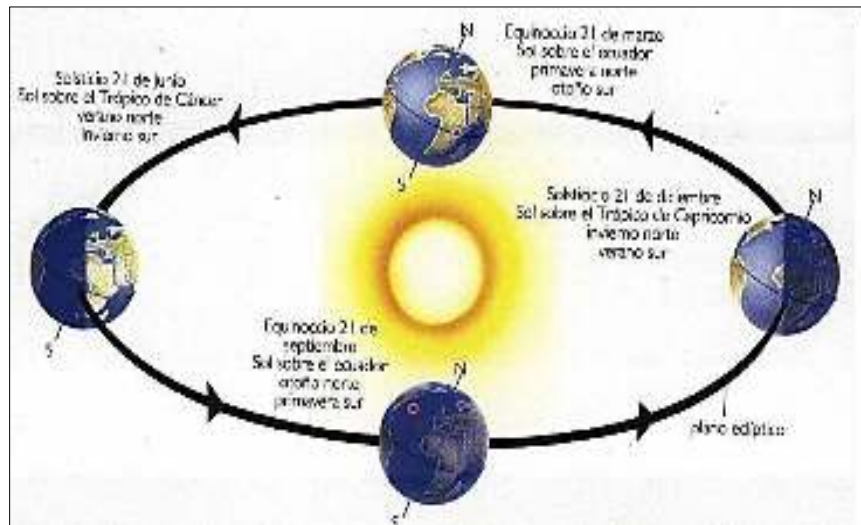


Figura 6. Solsticios y equinoccios 6

Durante la órbita elíptica, sucede que hay un momento en el año en que la tierra se aleja más del sol, lo que se conoce como solsticio de verano (21 de junio) y solsticio de invierno (22 de diciembre). El Equinoccio tiene lugar dos veces al año: sobre el 20-21 de marzo y alrededor del 22-23 de septiembre. En ese momento el centro solar se encuentra en el mismo plano del ecuador terrestre y los días y las noches tienen una duración similar. El solsticio es otro evento astronómico de igual naturaleza. Equinoccio de primavera y de otoño. El Equinoccio es el momento del año en que los días tienen una duración igual a la de las noches en todos los lugares de la Tierra (excepto en los polos). Ocurre dos veces al año.

⁵Nasa.gov – Latitud y Longitud – Fecha de consulta 01/2019 - En línea: <https://pwg.gsfc.nasa.gov/stargaze/Mlatlong.htm>

⁶misistemasolar.com - Solsticio y equinoccio - Fecha de consulta 01/2019 - En línea: <https://misistemasolar.com/solsticio/>

2.5.5 ÁNGULO ACIMUT, ZENIT Y ÀNGULO DE ELEVACIÓN

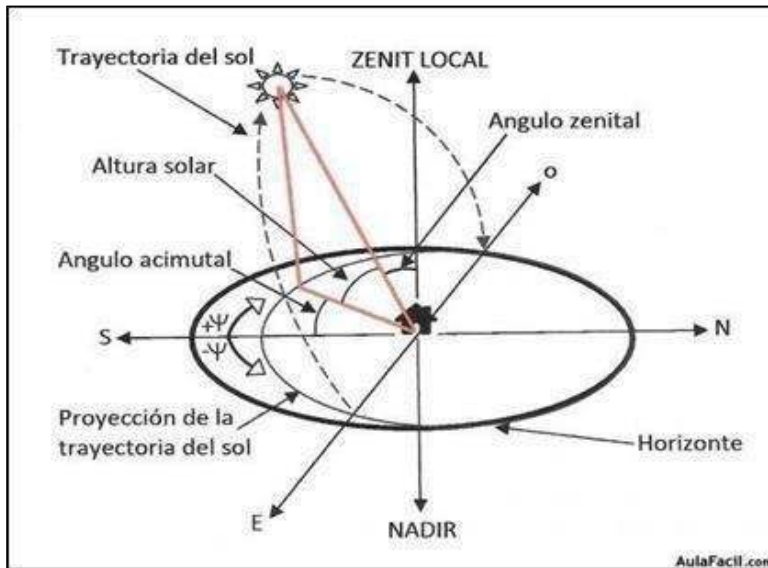


Figura 7. Ángulo acimut, Zenit y ángulo de elevación.⁷

El acimut es el ángulo horizontal medido en el sentido de las agujas del reloj en dirección a un punto con un meridiano de referencia, donde se considera el Norte en la mayoría de los casos. Este acimut podrá variar entre 0° y 400° grados, donde se completará una vuelta completa. El Zenit es el punto de la esfera celeste situado en la vertical del observador, que corresponde, en vertical a un lugar determinado de la Tierra. Si prolongamos el radio terrestre del lugar donde se encuentra el observador en ambas direcciones, cortarían la esfera celeste en dos puntos. Zenit es el que está sobre el observador como se puede apreciar en la figura 7 (Ángulo acimut, Zenit y ángulo de elevación).

El ángulo de elevación (usado indistintamente como ángulo de altitud) es la altura angular del sol en el cielo medido desde la horizontal. Confusamente, tanto altitud y elevación se utilizan para describir la altura en metros sobre el nivel del mar. La altitud es de 0° a la salida del sol y 90° cuando el sol está directamente encima (lo que ocurre por ejemplo en el ecuador en los equinoccios de primavera y otoño).

⁷ aulafacil.com – ángulo-cenital-y-la-elevación-solar - Fecha de consulta 01/2019- En línea:

<https://misistemasolar.com/solsticio/>

2.6 EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico es el efecto fotoeléctrico caracterizado por la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente que están en contacto y expuestas a la luz o, en general, a una radiación electromagnética. Este efecto fotovoltaico constituye el principio de las células fotovoltaicas y es, lo tanto, fundamental para la producción de electricidad mediante energía solar.

2.6.1 CARACTERÍSTICAS DEL EFECTO FOTOVOLTAICO

2.6.2 Producción del efecto fotovoltaico.

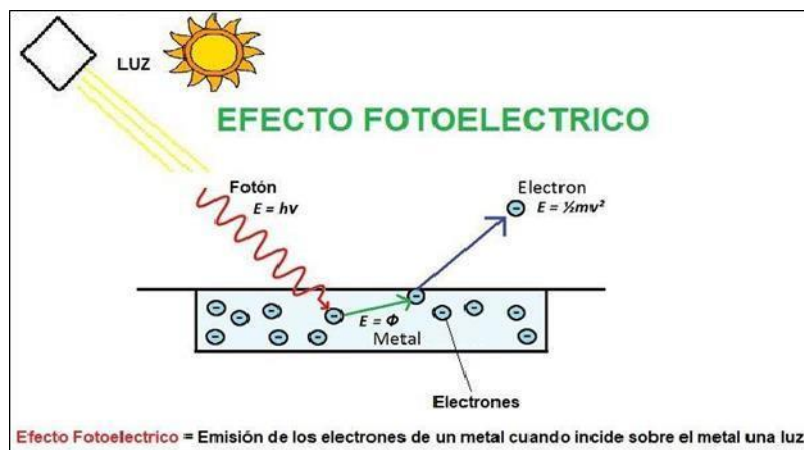


Figura 8. Efecto de la luz en un material fotoeléctrico

El efecto fotovoltaico se inicia en el momento en el que un fotón impacta con un electrón de la última órbita de un átomo de silicio. Éste último electrón se llama electrón de valencia y recibe la energía con la que viajaba el fotón. El fotón no es otra cosa que una partícula de

⁸ areatecnologia.com– Efecto fotoeléctrico – Fecha de consulta 01/2019 - En línea:
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>

luz radiante. Si la energía que adquiere el electrón supera la fuerza de atracción del núcleo (energía de valencia), este sale de su órbita y queda libre del átomo y, por tanto, puede viajar a través del material. En este momento, diríamos que el silicio se ha hecho conductor (banda de conducción) y, para hacer esto, hace falta que la fuerza de impacto de un fotón sea, como mínimo, de 1.2 eV (eV= Electronvoltio, unidad de energía que representa la variación de energía cinética que experimenta un electrón al moverse desde un punto de potencial V_A hasta un punto de potencial V_B).

2.6.3 METALES FOTOELÉCTRICOS

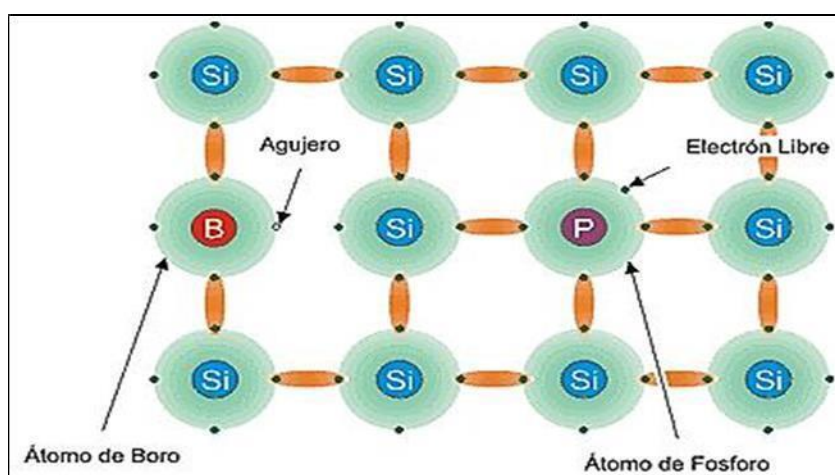


Figura 9. Composición de una celda solar fotovoltaica.⁹

Los metales fotoeléctricos son aquellos que al incidir la luz sobre ellos se liberan electrones de sus átomos. Realmente son los fotones de la luz los que liberan los electrones del metal, al cederles su energía. El silicio es un ejemplo de metal fotoeléctrico. Resumiendo, el silicio al llegarle los fotones de la luz del sol, estos ceden su energía a los electrones de la última capa de los átomos de silicio y rompe la unión con su átomo quedando libre para moverse por el material. Estos electrones libres serán los que más adelante veremos que producen la electricidad, convirtiendo la luz del sol en corriente eléctrica. Las celdas solares fotovoltaicas son pequeñas células hechas de silicio cristalino o arseniuro de galio, ambos materiales fotoeléctricos y además también son semiconductores, porque

⁹ textoscintificos.com – Celdas solares - Fecha de consulta 01/2019 - En línea: <https://www.textoscintificos.com/energia/celulas>

son materiales que pueden comportarse como conductores de electricidad o como aislantes, dependiendo del estado en que se encuentren.

El Silicio es el material semiconductor más usado en electrónica y en las celdas fotovoltaicas. El silicio puro cuenta con 4 electrones de valencia que comparte con los átomos vecinos para hacer los enlaces covalentes. Al añadir impurezas (otros átomos) con más o menos electrones de valencia (como el fósforo 5 o el boro 3), se modifican las propiedades conductoras del Silicio.

2.7 Ventajas y Desventajas de la Energía Solar

- ✓ En vista que la energía solar es un recurso renovable y a su vez inagotable, constituye una fuente ilimitada de energía disponible para todos.
- ✓ Es parte de las energías renovables, las cuales son amigables con el medio ambiente y disminuyen la dependencia de los combustibles fósiles.
- ✓ Los costos asociados a los paneles solares poco a poco van presentando una disminución.
- ✓ En este tipo de energía no existe la contaminación por ruido, pues es altamente silencioso.

2.7.1 Desventajas

- ✓ Generalmente un proyecto grande utiliza una gran extensión de terreno.
- ✓ La compra del equipo para el montaje del sistema fotovoltaico.
- ✓ El alto costo de las baterías o acumuladores (cuando es aislado).
- ✓ Su costo de instalación es más alto que el de un sistema tradicional.
- ✓ Se depende mucho de la intensidad de la luz solar.

2.8 La Energía Solar

El término energía solar se refiere al aprovechamiento de la energía que proviene del Sol, la cual es un tipo de energía renovable; ésta energía contenida en el Sol, es tan abundante, que se considera inagotable ya que los científicos estiman que El Sol lleva

5 mil millones de años emitiendo radiación solar y se calcula que todavía no ha llegado al 50% de su existencia, además la energía solar, es abundante y la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra, es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el planeta Tierra. La radiación recibida se distribuye de una forma más o menos uniforme sobre toda la superficie terrestre, lo que dificulta su aprovechamiento.

Aunque en la actualidad, fuentes de energía como la fósil y nuclear son bastante utilizadas, se considera que la energía solar es la alternativa más conveniente debido a que es una fuente de energía limpia y abundante.

2.9 Sistemas Solares Fotovoltaicos Conectados a la Red y Aislados

2.9.1 Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a la Red

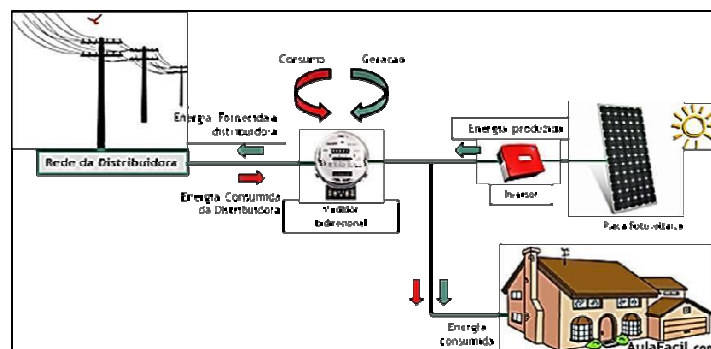


Figura 10. Instalaciones conectadas a la red.10

Un sistema fotovoltaico conectado a red se puede definir como un sistema de generación fotovoltaica que trabaja en paralelo con la red de la Compañía Eléctrica, es decir, las salidas de ambos sistemas de generación están conectadas entre sí, de forma que el primero actúa como si fuera un generador más de la Compañía, inyectando energía eléctrica en su red de distribución. El diseño y dimensionado de este tipo de sistemas fotovoltaicos conectados a la red, y en particular la determinación de la potencia de paneles y la elección del ángulo de inclinación, depende de factores distintos a los que servían de base para el cálculo de los sistemas.

10aulafacil.com - Instalaciones conectadas a la red – Fecha de consulta 01/2019 - En línea: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica/instalaciones-conectadas-a-red-l37008>

aislados, e incluso de circunstancias ajenas al propio comportamiento (desde el punto de vista estrictamente técnico) de los sistemas fotovoltaicos, ya que estos sistemas no incluyen un subsistema de acumulación para almacenamiento intermedio, debido a que toda la energía generada se inyecta en la red de distribución, careciendo de sentido su almacenamiento en baterías. Las instalaciones fotovoltaicas puestas a red tienen un objetivo muy diferente respecto a los sistemas autónomos: mientras que estos buscan un abastecimiento continuo y estable de una instalación eléctrica, los conectados a red persiguen un rendimiento económico por la venta de la electricidad producida, por lo que los criterios de dimensionados empleados en estos están orientados en este sentido. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red podemos clasificarlos en tres grandes grupos:

Instalaciones fotovoltaicas para el sector residencial (doméstico), con un rango de potencia entre 1 a 5 kWp.

Integración fotovoltaica en edificios comerciales, industriales y de oficinas, con un rango de potencia entre 5 a 100 kWp.

Plantas fotovoltaicas centralizadas, con un rango de potencia mayor a 100 kWp.

Un factor esencial en el diseño de estos sistemas es la disponibilidad de espacio, ya que cuanto mayor sea este mayor será la rentabilidad económica de la instalación. A este respecto cabe mencionar dos aspectos:

- ✓ **Disponibilidad:** representa la superficie de captación utilizable, es decir, el número de paneles y, en consecuencia, la potencia pico que se puede instalar.
- ✓ **Ubicación:** Este aspecto está directamente relacionado con la orientación e inclinación que tendrán los paneles fotovoltaicos, lo que influye en la cantidad de energía eléctrica generada, o de otro modo, en el rendimiento global de la

instalación, y por tanto, en la relación entre la potencia pico instalada y la energía eléctrica generada. Generalmente se diseñan y construyen cuando la distancia entre la red eléctrica y el lugar de su construcción es bastante cercano, ya sea en una finca, instituciones educativas, empresas etc.

2.9.2 Sistema Solar Fotovoltaico Aislado

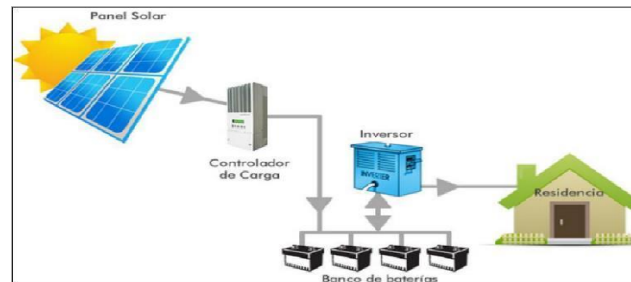


Figura 11. Sistema aislado de la red.¹¹

Un sistema solar fotovoltaico aislado, es un sistema de generación que funciona sin conexión a la red eléctrica, ya que la demanda de energía se suplente a través de un banco de baterías, donde se almacena la energía generada por el sistema fotovoltaico, generalmente se utiliza cuando la demanda de energía no es demasiado alta, por el costo de los acumuladores o baterías, la principal ventaja es que requiere de una inversión única y proporciona energía constante durante las 24 horas para suplir la demanda. Las instalaciones fotovoltaicas aisladas, son ideales en regiones donde no se puede realizar la conexión a la red eléctrica o cuando se desea implementar un sistema de generación autónomo, la energía se genera a partir de paneles solares, que por medio de un controlador de carga se hace llegar al banco de baterías, donde se almacena para posteriormente alimentar la carga, esta generalmente funciona con voltaje convencional (120V-240V), el cual es proporcionado por un inversor que convierte un determinado voltaje de entrada de Corriente Continua en otro voltaje de salida de Corriente alterna. El tamaño del sistema lo determina por la cantidad de energía que se va a consumir, la cual es el producto de la potencia de cada dispositivo eléctrico, cuya potencia se mide en Watts por el tiempo que se use diariamente. Su mantenimiento es mínimo y se debe realizar cada dos o tres meses.

¹¹iasolar.com – Sistemas conectados a la red y autónomos – Fecha de consulta 01/2019 - En línea: <https://www.iasolar.com/productos-y-servicios/>

Para la implementación de un sistema fotovoltaico aislado, se debe planificar y estudiar el diseño de la misma, tomando en cuenta los siguientes factores:

- La demanda de la carga.
- El consumo de energía,
- El tipo de consumo (corriente continua, alterna, monofásica, trifásica, etc.),
- El período de uso,
- La localización y el clima.

2.10 Componentes de una Instalación solar Fotovoltaica Aislada.

2.10.1 Módulos Fotovoltaicos

Producen la energía eléctrica en corriente continua. Constituido por el número necesario de paneles conectados en serie para obtener la tensión nominal de funcionamiento, y el número de ramas en paralelo suficiente para obtener la corriente (potencia) requerida.

Estos paneles pueden tener cualquier tamaño: desde unos pocos centímetros cuadrados hasta docenas de metros cuadrados de superficie. Los paneles solares fotovoltaicas funcionan mediante la incidencia de los rayos solares sobre su superficie, lo que obliga a que estos estén correctamente orientados en todo momento hacia el Sol para captar toda la luz posible. Esta luz transmite energía a los electrones, lo que provoca que estos se separen de protones y neutrones y sean liberados del panel en forma de electricidad, existen varios tipos de paneles solares fotovoltaicos siendo los más comunes: Paneles Solares de Celdas de Silicio, Policristalinos y de silicio amorfo (capa fina).

2.10.2 Panel Solar Monocristalino

El modo más común de fabricación de células de silicio monocristalino (sc-Si) consiste en partir de un lingote de un único cristal de silicio, obtenido por los métodos de Czochralski (Cz) o zona flotante (FZ), y cortarlo en obleas que constituyen el sustrato sobre el que tendrá lugar todo el proceso restante (unión “p-n”, metalización, etc.), los paneles solares monocristalinos son los que mayor eficiencia tienen en comparación con el resto



Figura 12. Panel solar monocristalino.¹²

2.10.3 Ventajas del Panel solar Monocristalino

- Los paneles solares monocristalinos tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza.
- La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunas marcas supera el 21%.
- La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.
- Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.
- Aunque el rendimiento en todos los paneles se reduce con temperaturas altas, esto ocurre en menor medida en los policristalinos que en los monocristalinos.

¹²sotysolar.es - Tipos de paneles solares fotovoltaicos – Fecha de consulta 01/2019 - En línea:

<https://sotysolar.es/placas-solares/monocristalinas-policristalinas>

2.10.4 Desventajas del Panel solar Monocristalino.

- Son más caros. (Desde el punto de vista económico, resulta más barato usar paneles policristalinos o incluso de capa fina o amorfo).
- Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse.
- Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso de fabricación. (El proceso Czochralski es el usado para la fabricación de silicio monocristalino, en este proceso se obtienen bloques cilíndricos, posteriormente se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio).

2.10.5 Panel solar Multicristalino o Policristalino



Figura 13. Panel solar policristalino.¹³

Los paneles solares policristalinos están compuestos, por células policristalinas, a diferencia de los monocristalinos, sus células de Silicio son de un color “azulado” y no poseen el corte en las esquinas como los monocristalinos. Las células de silicio policristalino (mc-Si) también utilizan obleas de silicio como sustrato, pero a diferencia de las monocristalinas, estas proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente en un crisol y que está formado por muchos pequeños cristales de silicio. Este tipo de elaboración es menos costoso que el anterior, pero reduce considerablemente la eficiencia de las células; sin embargo, los avances más recientes como cortadoras de obleas con diamante utilizadas por algunos fabricantes, han supuesto una mejora en la eficiencia de utilización del silicio (se desperdicia menos cantidad de material), lo que permite obtener obleas de menos 200 micras de espesor, aunque este espesor está cerca de su límite físico pues debemos tener en cuenta que la célula debe ser lo suficientemente.

¹³ solar-energia.net - Paneles fotovoltaicos policristalinos de silicio – Fecha de consulta 01/2019 -En línea: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico/tipos>

resistente para no romperse en su posterior manipulación para la fabricación del panel. También se han logrado mejorar las pérdidas por reflexión y alcanzado una mejor captación de la luz en el interior de la célula mediante técnicas de texturizado y tratados antireflectantes.

Aunque existen diferencias como las expuestas anteriormente entre un panel solar monocristalino y un panel solar policristalino, no podemos decir por ello que un panel solar es mejor que el otro, generalmente la elección de estos tiene que ver con el lugar donde se ha de implementar el sistema fotovoltaico, así un panel solar monocristalino, es el más indicado para ser instalado en climas fríos donde llueve mucho y hay presencia constante de neblina, ya que las placas solares monocristalinas tienen la cualidad de absorber de mejor manera la radiación solar, pero soportan menos el sobre calentamiento; mientras que una placa solar policristalina o multicristalina, es recomendable para ser usada en climas cálidos, ya que absorbe el calor a una mayor velocidad, lo que hace que le afecte menos el sobrecalentamiento.

2.10.6 Ventajas del Panel Solar Multicristalino o Policristalino

- El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple.
- Su fabricación requiere de un menor precio.
- Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.

2.10.7 Desventajas del panel solar Multicristalino o Policristalino

Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. Esto significa que las altas temperaturas afectan su funcionamiento.

- El calor afecta su vida útil. (La acorta).
- La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%, debido a que no tienen un silicio tan puro como el de los monocristalinos.
- Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalinos.

2.10.8 Panel solar de Silicio amorfo (capa fina)



Figura 14. Módulo fotovoltaico de capa fina / con silicio amorfo.¹⁴

Este tipo de placas solares son menos comunes que los paneles solares monocristalinos y policristalinos, debido a que su funcionamiento es similar al de los anteriores, pero existen diferencias importantes en el proceso de elaboración como por ejemplo: Su coste de fabricación es bastante más bajo que el de los paneles solares anteriores (monocristalino y policristalino); así mismo la tecnología del silicio amorfo tiene una eficiencia considerablemente menor que las basadas en silicio cristalino, debido principalmente a la mala calidad del silicio utilizado, cuya estructura interna dificulta la recolección de los portadores fotogenerados.

La disminución en los precios de paneles solares monocristalinos y policristalinos, provocó que poco a poco los paneles de silicio amorfo (capa fina) se dejaran de instalar; aun y cuando son recomendados para usarse en interiores, atmósferas con mucho polvo, etc. Como se puede ver en la Figura 14, las placas solares de silicio amorfo no consisten en la unión de células individuales como en los paneles solares cristalinos, sino en una lámina cortada a medida en la que se observan unas tiras delgadas que separan las células, creadas y conectadas entre sí durante la elaboración del propio módulo, cuyo enmarcado facilita el manejo y el montaje del mismo. El rango de tensiones también es más amplio que en los de silicio cristalino, abarcando desde unos pocos voltios hasta decenas de voltios y que los hace interesantes también para sistemas de bombeo solar.

¹⁴ [archiexpo.es](http://www.archiexpo.es) - Módulo fotovoltaico de capa fina – Fecha de consulta 01/2019 - En línea: http://www.archiexpo.es/prod/sunerg-solar/product-62622-1285453.html#product-item_1285409

2.10.9 VENTAJAS DEL PANEL SOLAR DE SILICIO AMORFO (CAPA FINAL archiexpo.es

- Se pueden fabricar de forma muy sencilla y en grandes remesas. Esto hace que sean más baratos que los paneles cristalinos
- Tienen una apariencia muy homogénea
- Pueden ser flexibles, lo que permite que se adapten a múltiples superficies.
- El rendimiento no se ve afectado tanto por las sombras y altas temperaturas.
- Son una gran alternativa cuando el espacio no es problema.

2.10.10 DESVENTAJAS DEL PANEL SOLAR DE SILICIO AMORFO (CAPA FINA)

- Aunque son de bajo costo, por su menor eficiencia requieren mucho espacio. Un panel monocristalino puede producir cuatro veces más electricidad que uno de capa fina por cada metro cuadrado utilizado.
- Al necesitar más paneles, también hay que invertir más en estructura metálica, cableado, etc.
- Los paneles de capa fina tienden a degradarse más rápido que los paneles monocristalinos y policristalinos, por ello los fabricantes también ofrecen menor garantía.

2.11 PARÁMETROS FUNDAMENTALES A CONSIDERAR EN UN PANEL FOTOVOLTAICO.

2.11.1 LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{SC}):

Es el valor de la corriente que circula por el panel cuando la tensión en sus terminales es nula ($V = 0$), y es la máxima corriente que se podría llegar a obtener (en un caso ideal) del panel cuando trabaja como generador. La corriente de corto circuito depende del área de la célula solar, para eliminar la dependencia del área de la célula solar, es más común a la lista de la densidad de corriente de corto circuito (I_{SC} en mA/cm²). De la intensidad de la luz, I_{SC} de una célula solar es directamente dependiente de la intensidad de la luz.

2.11.2 LA TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (VOC):

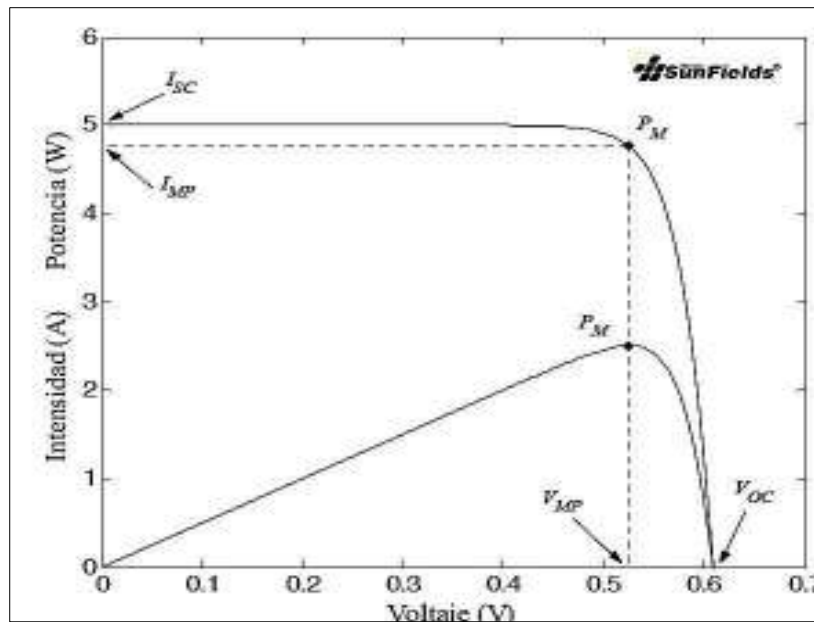


Figura 15. Curva Tensión/Corriente/Potencia módulo fotovoltaico.¹⁵

Es la mayor tensión que puede polarizar al dispositivo cuando trabaja como generador.

- El punto de máxima potencia (PM):
- El punto de trabajo correspondiente, (V_M , I_M), define los valores nominales de la tensión y la corriente en el punto de máxima potencia (no confundir con tensión y corriente máximas), siendo: $P_M = I_M \times V_M$.
- El factor de forma.
- Es la relación entre la potencia máxima (o el producto de la corriente y la tensión en el punto de máxima potencia) y el producto de I_{SC} y V_{OC} . Su valor es más alto cuanto mejor es la celda. Por lo general, un valor bajo de FF está asociado con la existencias de pérdidas de eficiencia en el dispositivo, mientras que una celda de buena calidad suele tener valores de FF superiores a 0.70, es decir que cuanto más alto es el FF, más calidad tiene el panel.

¹⁵sfe-solar.com - Curva Tensión/Corriente/Potencia módulo fotovoltaico -Fecha de consulta 01/2019 – En línea: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-parametros-fundamentales/>

2.11.3 LA EFICIENCIA:

Se expresa habitualmente como un porcentaje y es la relación entre la potencia eléctrica entregada por el panel y la potencia de la radiación que incide sobre él. Estas son las condiciones que se tienen en cuenta a la hora de expresar los valores nominales de un panel solar en sus fichas técnicas.

2.12 PARTES DE UN PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

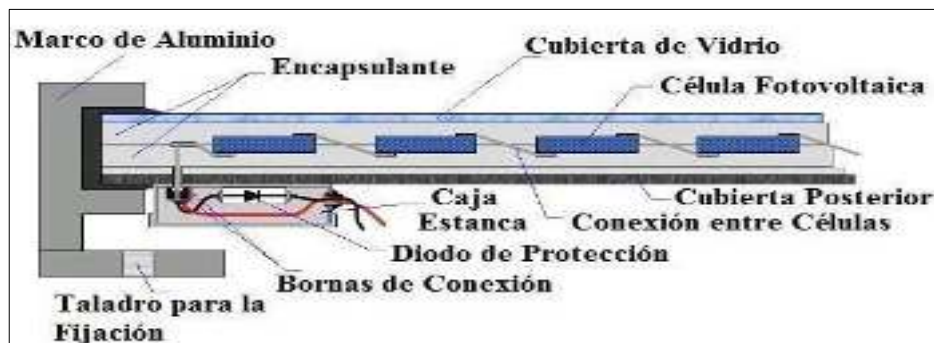


Figura 16. Panel solar o módulo fotovoltaico.¹⁶

- Marco de metal: Normalmente de aluminio, que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto, y que lleva los elementos necesarios (generalmente taladros) para el montaje del panel sobre la estructura de soporte.
- Cubierta exterior de vidrio templado: que, aparte de facilitar al máximo la transmisión luminosa, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas y soportar cambios bruscos de temperatura.
- Encapsulado: Constituido por un material que debe presentar una buena transmisión a la radiación y una degradabilidad baja a la acción de los rayos solares.
- Cubierta posterior: Constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre los intersticios de las células, haciendo que vuelvan a incidir otra vez sobre éstas.

¹⁶ingemecanica.com - Módulos fotovoltaicos – fecha de consulta 02/2019 - en línea:
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn193.html>

- Caja de conexiones: incorpora los bornes para la conexión del módulo.
- Diodo de protección: impiden daños por sombras parciales en la superficie del panel.
- Celdas o células solares: convierten la luz del Sol en electricidad.

2.13 INVERSOR:

En una instalación solar fotovoltaica, los inversores tienen la función de convertir la corriente directa o continua de bajo voltaje (12V o 24V), producida por el sistema solar fotovoltaico, en corriente alterna, elevando el voltaje a valores iguales a los suministrados por las distribuidoras locales (120V-240V), con el fin de utilizar dicha energía en las viviendas para alimentar electrodomésticos, iluminación etc.



Figura 17. Inversores.¹⁷

Por lo general es comercializado basado en su potencia en Watts, la cual es calculada como el voltaje por corriente ($P=VI$). Corresponde a la demanda máxima de (potencia) de los equipos que se van a conectar. Se puede prescindir de este componente cuando los equipos a conectar puedan ser alimentados por corriente directa. Como es el caso de algunos tipos de iluminación, motores y equipos diseñados para trabajar con energía solar.

2.13.1 TIPOS DE INVERSORES DE CORRIENTE.

- Inversores de paneles solares para sistemas aislados
- Inversores sincrónicos de los paneles solares

¹⁷ [amvarworld.com](https://www.amvarworld.com) - Inversores de voltaje – fecha de consulta 02/19 - En línea: <https://www.amvarworld.com/es/inversores-solares/692-inversores-de-voltaje-12v-400w-marca-paco.html> outbackpower.com - FXR Series Inverter/Charger FXR3048A – fecha de consulta 02/19 - En línea http://www.outbackpower.com/downloads/documents/inverter_chargers/fxr_vfxr_a/fxr_install.pdf

2.13.2 CRITERIOS A CONSIDERAR PARA ELEGIR ADECUADAMENTE EL INVERSOR

Uno de los pasos más importantes cuando se diseña una instalación solar aislada es la elección de un inversor de corriente, el cual debe responder a las condiciones técnicas del sistema, existen muchas marcas en el mercado con distintos precios, calidades y periodos de garantía pero, más allá de que siempre busquemos el mayor rendimiento al mejor precio, tomando en cuenta la informaciones técnica del equipo.

- Consumo presente y futuro. Si por ejemplo queremos alimentar una TV (40W) y 5 bombillas led de 10W (50W), en este caso elegiremos un inversor de más de 90 W;
175W por ejemplo. O, si tenemos unas necesidades mayores 1 TV (40W), 1 Frigorífico (100W), 1 microondas (1000W) y 5 bombillas led de 7W (35W), en este caso elegiremos un inversor de más de 1.175W, 1500W por ejemplo.
- Voltaje. Desde el punto de vista eléctrico, siempre es mejor que ante la misma potencia del inversor (1000W), este funcione a 48V (1000W 48V) que (1000W 12V), porque las pérdidas del inversor son menores, pero por otro lado el coste de las baterías aumenta, por lo que hay que encontrar siempre un buen equilibrio. Por ejemplo: 100W – 1000W (12V), 800W- 3000W (24V), 2500W-10000W (48V),5000W-10000 (60V).
- Tipo de onda Senoidal o cuadrada. Hay equipos electrónicos que funcionan únicamente con inversores correctamente con inversores de onda senoidal, pero su elección dependerá del tipo de equipo a usar ejemplo: Frigoríficos, TV,... Salvo que sólo vaya a usar para iluminación, la recomendación es siempre adquirir un inversor fotovoltaico de onda sinusoidal pura.
- Calidades y garantías. Como comentábamos al principio, dependiendo de la marca de inversores tendremos distintas garantías y un mejor o peor servicio técnico. El rendimiento de los inversores es un parámetro de calidad. Comprar

el equipamiento adecuado nos ahorra largos tiempos de espera en caso de incidencias durante el uso.

2.14 REGULADOR DE CARGA

En sistemas de carga de baterías mediante paneles solares fotovoltaicos, es necesario, para evitar el deterioro innecesario de la batería, colocar un regulador de carga entre éste y los paneles fotovoltaicos, es decir que el regulador de carga es el dispositivo que se encarga de administrar de forma eficiente la energía hacia las baterías prolongando su vida útil, La función de éste regulador entre otra finalidad, es la de cargar de forma óptima la batería, evitando para ello la sobrecarga de las mismas. En una instalación a 12 Vcc, los paneles pueden alcanzar una tensión de hasta 20 voltios en vacío, y durante el periodo de carga de las baterías, la tensión de los paneles se acoplan a la tensión de la batería, de tal forma que comienzan a suministrar corriente de carga igual que las baterías, ambos incrementan su tensión, conforme las baterías se van cargando, así Cuando la tensión de las baterías alcanza aproximadamente 13.5 voltios – 14 voltios, significa que están cargadas. En éste punto y dado que el sistema solar puede seguir produciendo corriente, cabe la posibilidad que sobrecarguemos la batería, hasta tal punto que ésta sufran una pérdida de vida como consecuencia de la sobrecarga, siendo en este preciso momento, en que el regulador desconecta automáticamente los paneles solares de la batería para protegerles y lo vuelve a permitir cuando las baterías se descargan.

2.14.1 TIPOS DE REGULADORES DE CARGA

El mercado ofrece distintos tipos de reguladores de carga para sistemas fotovoltaicos, pero podemos decir que existen dos tipos de tecnologías que ofrecen el regulador PWM (Pulse width modulation - Modulador por ancho de pulsos), MPPT (Maximum power point tracking – seguimiento del pulso de potencia máximo). El regulador PWM, cuesta menos que un regulador MPPT, sin embargo; este último tiene la capacidad de explotar al máximo una tensión fotovoltaica muy por encima del banco de baterías, permitiendo así producir más energía en comparación con un regulador PWM.



Figura 18. Regulador de carga¹⁸.

El regulador MPPT, utiliza el 100% de la energía que pueden suministrar los paneles, controlando permanentemente la tensión de las baterías, de tal forma que éste regulador funciona siempre en el Punto de Máxima Potencia del panel, proporcionando a cada momento la Intensidad máxima que el panel está dispuesto a suministrar.

2.14.2 CRITERIOS A TOMAR EN CUENTA PARA LA SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA

Es importante que a la hora de seleccionar el regulador de carga, tengamos en cuenta la corriente máxima que va a circular por la instalación, para ello realizaremos el cálculo de corriente que producirá el generador fotovoltaico y la corriente de carga, siendo la de mayor valor la que deberá soportar el regulador en funcionamiento. Para fijar la corriente de corte a la que debe actuar el regulador, tomaremos como base la máxima corriente que produce el generador, en sumen podríamos decir que son tres los criterios principales:

- Tensiones de batería compatibles (12V, 24V y 48V).
- Corriente máxima de paneles. Corriente de cortocircuito.
- Corriente máxima que puede proporcionar a la carga.

2.15

PROTECCIONES:

Los electrodomésticos y otros equipos que utilizamos en los hogares o industria, tienen especificaciones de fábrica que establecen un voltaje al cual deben funcionar, siendo en su mayoría 120V o 240V, sin embargo; una de las situaciones que suele suceder en la red eléctrica, es que haya una sobretensión, la cual puede ser transitoria o permanente; estas.

¹⁸amvarworld.com - reguladores-solares – fecha de consulta 02/19 - En línea:<https://www.amvarworld.com/es/reguladores-solares-10ah/603-regulador-solar-10a-marca-paco.html>.

Tienda fotovoltaica - Regulador de carga solar Blue solar – fecha de consulta 02/19 - En línea <https://www.tiendafotovoltaica.es/Re>

no son más que un pico de tensión que se produce en la red por un motivo externo o interno, cuando la tensión de la red es muy superior a la nominal, por ello una instalación eléctrica sin la debida protección, podría dañar o destruir el equipo que esté conectado al momento en que se produce la sobretensión, representando un riesgo a un para la integridad física de las personas que se encuentren dentro de un edificio. De ahí la importancia de las protecciones, las cuales pueden ser interruptores termomagnéticos o fusibles (protegen al conductor de la instalación de sobrecarga y cortocircuito) y los interruptores diferenciales (desconectan la instalación cuando hay falla a tierra), conocidos como de circuito por falla a tierra. La función principal de las protecciones es la de evitar que los equipos se sobrecalienten o dañen, evitar incendios, daños personales o que haya interrupción del suministro de energía afectando con ello la producción etc.

2.15.1 PROTECCIONES TRANSITORIA

Aunque normalmente las sobretensiones transitorias se dan en periodos de tiempo muy cortos (pocos microsegundos pero alcanzan los kilovoltios) y no afectan significativamente los equipos que tenemos conectados, suele pasar que en algunas ocasiones la sobre tensión alcanza niveles muy elevados, que generalmente provocan gastos por reparaciones y compra de equipos. Este efecto es lo que conocemos como sobretensiones transitorias, y podemos citar como ejemplo cuando un rayo cae en un conductor de la red o cerca de él,funcionando la protección como un derivador de sobre tención a tierra.

2.15.2 PROTECCIONES PERMANENTES

Existe también lo que se conoce como sobretensiones permanentes, las cuales a diferencia de las transitorias, suelen durar indefinidamente, y causadas por la descompensación de las fases, que normalmente causa la rotura del neutro. Este efecto no solo puede afectar la vida útil de los equipos, sino causar daños permanentes e incluso incendios. De ahí la importancia de diseñar e implementar las protecciones adecuadas, para evitar o minimizar los daños que causan estos fenómenos, utilizando

para ello las protecciones para las sobretensiones transitorias y para las sobretensiones permanentes.

2.16 EQUIPOS DE MEDIDA:

Conocidos como contadores, se ubican entre el inversor y la red cuando se trata de una instalación fotovoltaica conectada a la red, con el fin de cuantificar la energía que inyecta a la red y la energía consumida (cuando no hay radiación solar), aunque solo suelen usarse en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, también se pueden usarse en instalaciones tipo isla.

2.17 BATERÍAS ELÉCTRICAS O ACUMULADORES ELÉCTRICOS

La energía eléctrica de los paneles solares, una vez regulada es almacenada en las baterías para poder ser usada posteriormente, el conjunto de baterías donde se almacena la energía es conocido en el sistema como banco de baterías, generalmente estas baterías suelen ser de plomo-ácido (Se adaptan mejor a estos tipos de sistemas), un dato importante a considerar de las baterías en una instalación fotovoltaica es el ciclado diario, que se refiere a que la batería se carga en el día y se descarga en la noche, superpuesto a este ciclo diario está el ciclo estacional, que se asocia a periodos de reducida incidencia de radiación. Estos ciclos conjuntamente con otros parámetros de operación como temperatura ambiente, corriente etc. inciden sobre la vida útil de la batería y sus requisitos de mantenimiento. En la actualidad, gracias a la expansión del mercado de la energía fotovoltaica, se puede disponer de varios tipos de acumuladores (baterías) que se adaptan a la necesidad de cada proyecto, siendo 5 los más comunes: Monoblock, AGM, estacionarias, de electrolito gelificado y de litio.

2.18 TIPOS DE BATERÍAS ELÉCTRICAS O ACUMULADORES ELÉCTRICOS

2.18.1 BATERÍA DE PLOMO ABIERTO, TAMBIÉN CONOCIDAS COMO BATERÍA DE PLOMO-ACIDO O DE ARRANQUE.



Figura 19. Batería plomo acido. ¹⁹

Las baterías de Plomo Abierto, conocidas también como baterías de plomo ácido (batería húmeda), son aquellas que están compuestas por seis compartimentos individualmente separados y conectados entre sí, en serie, dentro de una caja o envase de polipropileno al modo de material aislante y resistente al ácido cada célula contiene un bloque de placas positivas y negativas. Las baterías de Plomo Abierto son muy utilizadas en las instalaciones solares aisladas, principalmente por su gran rendimiento.

2.18.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS PLOMO-ACIDO.

2.18.3 VENTAJAS

- Bajo costo.
- Fácil fabricación.

2.18.4 DESVENTAJAS

- Requiere mantenimiento cada tres meses aproximadamente.
- No admiten sobrecargas ni descargas profundas, viendo seriamente disminuida su vida útil. (verificar)
- No es recomendable para sistemas de alta potencia.
- Altamente contaminantes.
- Baja densidad de energía: 30 Wh/kg

¹⁹ technosun.com - Baterías de plomo-ácido – fecha de consulta 02/19 - En línea: http://blog.technosun.com/wp-content/uploads/2010/02/bateria_plomo.jpg
deltavolt.pe - Baterías para Sistemas Solares y Eólicos – fecha de consulta 02/19 - En línea: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>

- Peso excesivo, al estar compuesta principalmente de plomo; por esta razón su uso en automóviles eléctricos se considera poco lógico por los técnicos electrónicos con experiencia.

2.18.5 BATERÍAS MONOBLOCK



Figura 20. Baterías monoblock.²⁰

Las baterías solares monoblock, son baterías tipo abierto de ácido plomo que se caracterizan por tener una placa plana de mucha potencia y mucho grosor, necesitan de un mantenimiento periódico cada 6 meses (aproximadamente), aunque también existen baterías solares monoblock de Gel y AGM, las cuales no precisan mantenimiento. Suelen utilizarse en instalaciones de baja potencia con aparatos eléctricos sencillos (televisor, reproductor de música o DVD, bombillas o focos de iluminación, etc.) que no usen motor, lo anterior debido a que estas baterías solares no son recomendadas para aparatos complejos que lleven motor, pues no soportan bien los picos de arranque altos que producen esos equipos.

Aunque se parecen a las que se usan en los autos y camiones, son distintas, pues este tipo de baterías optimizadas para una aplicación diferente (son de ciclo profundo).

²⁰ [tutiendaenergetica.es](https://www.tutiendaenergetica.es) - Batería Plomo Ácido monoblock Trojan – fecha de consulta 02/19 - En línea: <https://www.tutiendaenergetica.es/bateria-de-plomo-trojan-scs150-12v-111ah-c100>
sofiarenovables.com - Baterías monoblock semiestacionarias – fecha de consulta 02/19 - En línea: http://sofiarenovables.com/index.php?id_category=15&controller=category

Mientras que en los vehículos se necesita de mucha energía durante un tiempo corto para arrancar el motor, en los sistemas solares y eólicos, las baterías deben proporcionar esa energía en un tiempo relativamente más largo y frecuentemente, descargándose a niveles mucho más bajos, por ello las baterías para vehículos se fabrican con capas de plomo delgadas que se encargan de producir el alto flujo de amperios que se demandan; mientras que las baterías monoblock de tipo ciclo profundo, se construyen usando capas de plomo gruesas que además brindan la ventaja de prolongar significativamente su vida útil de la batería, algunas son grandes y pesadas por el plomo, generalmente están compuestas por celdas de 2 voltios nominales que se juntan en serie para lograr baterías de 6, 12 o más voltios, que luego se utilizará para aplicaciones especiales.

2.18.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS MONOBLOCK.

2.18.7 VENTAJAS

- Su alto amperaje.
- Proporciona mucho más ciclos que una batería de AGM, de GEL y una de plomo ácido.
- Es una batería todo terreno
- Su durabilidad.

2.18.8 DESVENTAJAS

- Requiere mantenimiento (aproximadamente cada seis meses).

2.18.9 BATERÍAS AGM (ABSORBED GLASS MAT - SEPARADOR DE VIDRIO ABSORBENTE

AGM es la abreviación de Absortion Glass Mat, Tecnología moderna en la fabricación de baterías donde el ácido se absorbe mejor y más rápido por placas de plomo de la

batería. La tecnología AGM fue desarrollada en 1985 para los aviones militares que buscaban reducir el peso y aumentar la capacidad de carga de los aviones. En las baterías de tipo AGM el ácido sulfúrico de cada vaso es absorbido por una capa muy delgada de fibra de vidrio comprimida con el aspecto de un filtro, que asegura los problemas frente a posibles derrames de ácido en caso de rotura. Son baterías mucho más seguras frente a vibraciones y posibles roturas, y por esta razón se suelen escoger en vehículos de competición.

Tienen una resistencia interna muy baja que las permite entregar corrientes muy altas y tienen además una vida útil bastante larga, incluso al someterlas a ciclos de descarga profundos. Las AGM son baterías selladas estancas sin mantenimiento, y más ligeras que las baterías de ácido-plomo normales, se pueden descargar en ciclo profundo hasta un 80 sin riesgo de estropearlas frente al 50% de las baterías normales.



Figura 21. Baterías AGM.²¹

Suele usarse en: Automóviles, Motocicletas, Equipos de Luces de Emergencia, Centrales de Telefonía, Equipos de video-filmación, Carritos de Niño, Silla de Ruedas Eléctricas, Energía Renovables, Robótica, Carros de Golf, Equipo Médico, etc.

2.18.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS AGM

2.18.12 VENTAJAS

- No requiere mantenimiento
- Selladas y seguras frente a posibles derrames.
- Alta potencia específica.

²¹ articulo.mercadolibre.com.ar - Bateria-optima-blue-mod-d34m-nautica-ciclo-profundo - fecha de consulta 02/19 - En línea: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-617871100-bateria-optima-blue-mod-d34m-nautica-ciclo-profundo-dborner-JM>

- Capacidad de ofrecer corriente muy Fuertes
- Tiempo de carga 5 veces más rápido.
- Mejores ciclos de trabajo con cargadores avanzados.
- Retención de agua: El oxígeno e hidrógeno se combinan para producir agua
- Construcción segura que acepta Fuertes vibraciones.
- Buen comportamiento a bajas temperaturas.

2.18.13 DESVENTAJAS

- Sensible a sobrecargas. El gel se comporta mejor en este aspecto.
- Mayor pérdida de capacidad de carga con el tiempo a las de gel.
- Menor energía específica (Capacidad /kg de peso de batería).

2.18.14 BATERÍAS DE ELECTROLITO GELIFICADO O DE GEL



Figura 22. Batería de electrolito gelificado o de GEL.22

Las baterías de electrolito gelificado o Gel presentan un funcionamiento cíclico de alta calidad, lo que las convierte en ideales para instalaciones de tamaño medio y grande que estén previstas para funcionar durante largos períodos de tiempo o donde el mantenimiento sea muy complicado de realizar. El Gel que las compone se consigue mediante la del Electrolito con una Sílica amorfa, el cual da como resultado un compuesto de la consistencia de dicho gel presentan un funcionamiento cíclico de alta calidad, lo que las convierte en ideales para instalaciones de tamaño medio y grande que estén previstas para funcionar durante largos períodos de tiempo o donde el mantenimiento sea muy complicado de realizar. Es considerada no peligrosa y apropiada para muchas aplicaciones incluyendo carritos de golf y sillas de ruedas, tiene una vida útil de 10 hasta 12 años, 500- 1000 ciclos y es aplicable a todo tipo de uso.

²² mecanicabasicacr.com – baterías-de-gel-para-automóviles – fecha de consulta 02/19- En línea: <https://meganicabasicacr.com/electricidad/baterias-de-gel-para-automoviles.html/>

La mayor vida útil se consigue gracias al grosor de sus placas y a la alta densidad de su material activo en forma de gel que permite obtener un mejor rendimiento que otras baterías para uso solar, por ello es la mejor batería solar para uso en instalaciones fotovoltaicas donde no se desee instalar baterías de vasos o estacionarias, además el disponer de unas mejores placas y rejillas, favorece una mejor resistencia a la corrosión y un funcionamiento óptimo con el paso de los años.

2.18.15 Ventajas y desventajas de las baterías electrolito gelificado o de GEL.

2.18.16 Ventajas

- El electrolito en forma de gel disminuye considerablemente la evaporación.
- Mayor tiempo de vida útil
- Mayor número de ciclos de carga y descarga, más que para las baterías AGM o de plomo ácido
- Soportan descargas más profundas y resisten mejor frente a vibraciones, golpes o elevadas temperaturas.
- Puede manipularse fácilmente y colocarse en cualquier posición sin que haya derrame de ácido.
- Soporta mayor número de cargas y descargas
- Puede permanecer hasta 6 meses sin ser utilizada conservando el 80% de su carga.
- Durante la descarga presentan un voltaje más estable, ideal para su uso con inversores.

2.18.17 Desventajas:

- Las baterías de GEL necesitan ser cargadas a baja tensión y el cargador debe estar debidamente ajustado para la carga.

2.18.18 Baterías Estacionarias OPZ de Placa de Plomo Tubular.



Figura 23. Baterías OPZ-S o estacionarias.²³

Las baterías OPZ, pueden ser del tipo: OPZS, OPZV, CPZS, PZS, siendo el significado de las siglas el siguiente: PZ: significa placa de plomo tubular, es el tipo de construcción de la batería. EL plomo está formando como unas espigas dentro de unos tubos de material permeable; “S” significa que el electrolito es líquido, “V” significa electrolito sólido, en forma de gel; “T” significa contenedor translúcido; “C” Contenedor opaco. Conociendo estas definiciones, podemos identificar los siguientes tipos de baterías OPZ: Con estas definiciones ya podemos identificar lo que nos dicen la mayoría de fabricantes: OPZS: Batería estacionaria de placa de plomo tubular con electrolito líquido; CPZS: Batería resistente a vibraciones de placa de plomo tubular con electrolito líquido y contenedor opaco; TOPZS. Batería de placa de plomo tubular estacionaria con electrolito líquido y contenedor translúcido; OPZV: Batería estacionaria de placa de plomo tubular con electrolito sólido en forma de gel. Este tipo de baterías siguen siendo baterías plomo ácido, que consisten en una barra de plomo metida en un electrolito de ácido, son perfectas para instalaciones que requieran una

²³ merkasol.com - Baterías-TAB-5-OPzS – fecha de consulta 02/19 - En línea - <https://www.merkasol.com/6-Baterias-TAB-5-OPzS-250-375Ah-2v>
rebatas.com – Significado de siglas de las baterías OPZ – fecha de consulta 02/19 - En línea: https://www.rebatas.com/blog-baterias/21_Que-significan-las-siglas-de-las-bater%C3%ADas.html

salida constante de energía, pero que también tenga una entrada constante de energía, siendo esto lo que les hace llamadas baterías estacionarias.

Se recomienda su uso tanto en una vivienda habitual como en la industria, tienen una larga vida útil entre 15 y 20 años, éste tipo de baterías da unos 1600 ciclos al 50% de descarga, es importante rellenarles con agua cada 3 o seis meses, según se observe en el nivel de agua de la misma, permite profundos ciclos de descarga diarios con resultados excelentes ante cualquier tipo de consumo.

A diferencia de las baterías AGM que hacen uso de separador de fibra de vidrio con gran capacidad de absorción, en inglés AGM (Absorbed Glass Mat), en las baterías estacionarias se agrega al electrolito un compuesto de silicona, lo que provoca que el líquido se vuelva una masa sólida como gelatina, con eso, hay menos evaporación y un aumento de la vida útil que garantiza un número mucho mayor de ciclos de cargas y descargas.

Estas baterías soportan descargas profundas y ambientes con vibraciones, golpes y altas temperaturas. Tienen también un voltaje más estable durante la descarga, lo que le hace una batería ideal para uso con inversores, también son conocidas como acumuladores solares y están compuestas por elementos de 2 voltios conectados en serie hasta alcanzar la tensión de trabajo deseada para la instalación solar. De esta forma, una batería estacionaria de 12 voltios está compuesta por 6 elementos de 2v conectados en serie y una batería estacionaria de 24v está formada por 12 de estos elementos. Los elementos de 2 voltios, también conocidos como vasos o pilas, pueden ser de capacidades comprendidas entre los 200Ah y más de 4000Ah lo que permite configurar acumuladores solares de la tensión deseada y capacidades de acumulación suficientes para cualquier aplicación.

Debido a que no se deben conectar baterías en paralelo, y que las capacidades de acumulación de las baterías monoblock de 12V están limitadas a unos 250Ah o 400Ah, es necesario la utilización de las baterías estacionarias para obtener capacidades de acumulación mayores.

2.18.19 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS OPZ ESTACIONARIAS: VENTAJAS.

- Ausencia de fugas de electrolito
- Mínima emisión de gases
- Nula posibilidad de contaminación del electrolito

2.18.20 DESVENTAJAS.

- Requiere mantenimiento en periodos relativamente cortos (cada dos o tres meses).

2.18.21 BATERÍAS DE LITIO.



Figura 24. Baterías de Litio.²⁴

Es una batería que lleva en el mercado mucho tiempo al usarse en móviles y portátiles y ahora en coches eléctricos, tiene muchas ventajas sobre el resto de baterías pues su carga es muy rápida, su peso y volumen es relativamente pequeño, su cantidad de ciclos y garantías sobre pasa en gran medida al resto de baterías, actualmente están a la venta pero no han sido desarrolladas plenamente para ser usadas en sistemas solares. La aleación de LI-Fe de las baterías de litio permite una descarga del 100% de su potencia. Por ejemplo, una batería de litio de 200 Ah se puede cargar a ese nivel, al contrario que en otras como las AGM o Gel, en las que la potencia de carga se sitúa en un 10-20% de la máxima potencia admitida por la batería. Ésta característica permite que el proceso de carga sea mucho más rápido que en todas las demás. Además, permite múltiples procesos de descarga (700 ciclos al 80% DOD). Otra ventaja de las baterías de litio es el sistema de gestión de la batería y el servicio ininterrumpido con fuente de alimentación autónoma, incluso en caso de fallo de alimentación.

²⁴cyt-ar.com.ar – Baterías de litio Argentinas – fecha de consulta 02/19 - En línea: https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Bater%C3%ADas_de_litio_argentinas
disvent.com – Baterías de litio – fecha de consulta 02/19- en línea: <http://www.disvent.com/blog/super-b-lider-en-baterias-de-litio>

2.18.22 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE LITIO:

2.18.22.1 VENTAJAS.

- Pueden concentrar muchísima energía en un pequeño encapsulado.
- Su nivel de descarga es mucho menor al resto de baterías.
- Alta corriente potencial.

2.18.22.2 DESVENTAJAS.

- Su vida útil se disminuye aunque no esté en uso.
- Puede sobrecalentarse y provocar incendios.

2.19 BANCO DE BATERÍAS.

Los bancos de baterías se utilizan como fuentes de energía de reserva y están conformados por un grupo de baterías interconectadas para almacenar la energía producida por un sistema solar.

2.19.1 CRITERIOS A CONSIDERAR AL SELECCIONAR LAS BATERÍA

- Tipo de batería.
- Presupuesto disponible.
- Duración esperada de la Batería (tiempo de vida útil)
- Temperatura ambiente a la que la batería funcionará.
- Facilidad de realizar el mantenimiento (Si requiere).
- Capacidad de almacenamiento de energía.
- Profundidad de descarga máxima
- Vida útil

2.19.2 ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DEL BANCO DE BATERÍAS

- Tensión de funcionamiento según cálculos del consumo.
- Temperatura media de funcionamiento.
- Temperatura mínima.

Días consecutivos en los que se pueden producir bajas temperaturas. (Días de autonomía)

- Tipo de regulador usado.
- Facilidad de acceso de montaje y mantenimiento del acumulador en el lugar de la instalación.

2.20 ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA PANELES SOLARES

Este es un componente pasivo de los sistemas de energía solar, que se usa para mantener en su lugar los módulos fotovoltaicos y debe estar proyectado para soportar la intemperie de forma constante, son de suma importancia para obtener el rendimiento óptimo de una instalación fotovoltaica, por lo que se le debe dar la misma importancia que se le da a la orientación y posición de los paneles solares respecto al sol, pues la eficiencia y eficacia de los paneles solares dependerá de ello.

Para su ubicación es necesario hacer un estudio previo del lugar donde vamos a instalar el campo de placas y su orientación al sol, para elegir el mejor posicionamiento de los paneles solares, obteniendo así el mejor nivel de rendimiento, también debemos tener presentes que estas deberán ser resistentes a las fuertes rachas de viento y a la corrosión.

2.21 TIPOS ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA PANELES SOLARES

Existe una amplia variedad de estructuras de soporte disponibles, desde aquellas que se pueden montar sin requerir personal especializado hasta estructuras hechas a la medida, para sistemas solares más grandes; sin embargo; estas podemos clasificarlas en dos grupos:

2.21.1 ESTRUCTURAS DE SOPORTE FIJA

Son muy utilizadas en el ámbito de los módulos fotovoltaicos planos. Dotan a los paneles de ángulos fijos, determinados por la latitud del lugar, que maximizan la eficiencia

de la instalación, dentro de estos están los modelos para tejado, pared, suelo, poste e inclusive con integración arquitectónica. Cuando se colocan sobre un techo, se verifica si la inclinación del techo es cercana a la óptima y es lo suficientemente fuerte para soportar el peso, y el peso extra del viento, estos paneles también son integrados directamente al techo, para que actúen como parte del tejado la periodicidad del mantenimiento y el coste del mismo también.

- Se trata de elementos de gran fiabilidad.
- No consumen energía.
- Su simplicidad también se traduce por lo general en menor peso (unos 60kg de “hierros” por cada kWp instalado, frente a los 150-250 kg por kWp en las instalaciones con seguimiento monoposte y horizontales respectivamente).



Figura 25. Soportes para paneles solares.²⁵

2.21.2 ESTRUCTURAS DE SOPORTE MÓVIL

Su concepción es bastante distinta, gracias a uno o dos ejes móviles consiguen aumentar la captación solar de los módulos fotovoltaicos realizando un seguimiento del Sol (una forma similar al proceder de los girasoles, por ejemplo), lo que permite aprovechar de mejor manera la radiación solar.



Figura 26. Soportes móviles.²⁶

²⁵ solarmat.es – Soportes para Placas solares – fecha de consulta 02/19 - En línea: <http://www.solarmat.es/blog/wp-content/uploads/2017/02/fija.jpg>

Obviamente esta movilidad requiere de un consumo eléctrico y su mayor complejidad mecánica también conlleva más operaciones de mantenimiento, ya que se necesita instalar un seguidor Solar. Es muy raro ver estructuras móviles de más de un eje, ya que encarecen notablemente la instalación y su mantenimiento.

2.22 BASES PARA MONTAJES DE PANELES SOLARES



Figura 27. Bases para el montaje de paneles solares.²⁷

Al diseñar una instalación fotovoltaica, no se debe pasar por alto que una parte importante de la misma será el tipo de estructura que soportará el panel solar, la cual será la base que específicamente cumplirá dos funciones:

- Proporcionar a los paneles la consistencia mecánica adecuada y sistema de anclaje seguro.
- Mantener la orientación del panel y su Angulo de inclinación de acuerdo a los grados establecidos en el diseño.

2.22.1 TIPOS DE BASES PARA MONTAJES DE PANELES SOLARES

- Bases de Montaje para Paneles Solares en Postes
- Bases de Montaje para Paneles Solares en Techos
- Bases de Montaje para Paneles Solares en Techos Planos

²⁶ solarmat.es – Soportes para placas solares – fecha de consulta 02/19 -En línea: <http://www.solarmat.es/blog/wp-content/uploads/2017/02/m%C3%B3vil.jpg>
merkasol.com – Seguidores solares – En línea: <https://www.merkasol.com/Estructuras-y-Seguidores>

²⁷ rebacas.com – Estructura tipo poste – fecha de consulta 02/19 -En línea: <https://www.rebacas.com/estructuras-tipo-poste/1002-estructura-2-paneles-sobre.htm>
ecoinventos.com – montaje de paneles solares – fecha de consulta 02/19 - En línea: <https://ecoinventos.com/sistemas-montaje-paneles-solares/>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La metodología sobre la cual se trabajará es de tipo cualitativa, puesto que permite la recogida de información basada en la observación de comportamientos naturales, discursos, respuestas abiertas para la posterior interpretación de significados. El estudio se realiza bajo el modelo investigación-acción, el cual busca llevar a cabo un proceso reflexivo que permita tomar acciones y generar condiciones de mejora.

Será descriptivo; donde se tomará en cuenta las características, indicadores y propiedades particulares del objeto de estudio, su clasificación e interpretación y la elaboración de un esquema de ordenamiento que pueda dar como resultado un diagnóstico.

Capítulo 4. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO Y CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO

4.1 NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL

4.1.1 NORMATIVA NACIONAL

4.1.1.1 INICIATIVA PARA LA ENERGÍA RENOVABLE EN LAS AMÉRICAS Y EN EL SALVADOR

En 1992 se crea la Iniciativa para la Energía Renovable en las Américas por un consorcio de los Estados Unidos, América Latina y el Caribe, con el propósito de promover soluciones sostenibles especialmente sobre la energía renovable y eficiencia energética. Durante la conferencia y exposición llevada a cabo en Puerto Rico en 1994, diferentes gobiernos de América Latina y el Caribe, se unieron con el Consejo de Exportación de Energía Renovable de los Estados Unidos para programar una agenda de colaboración formal en energía renovable y energía eficiente. Se firmó la Declaración (por 16 países) y el establecimiento de un grupo de trabajo perteneciente a la energía renovable en las américas.²⁸

4.1.1.2 LEY DE MEDIO AMBIENTE (1998)

En 1998, la Asamblea Legislativa, consideró necesario legislar de manera especial para proteger, conservar y mejorar los recursos naturales y el medio, conforme lo establece la Constitución de la República de El salvador, con el fin de detener el acelerado deterioro del medioambiente, enfrentar los problemas futuros que esto representa y cumplir con los compromisos internacionales adquiridos en temas ambientales, para ello emite el **Decreto No. 233**, Diario Oficial No. 79, tomo 339, publicado el 04/05/1998, dando vida de esta manera a la **Ley del medio ambiente**.²⁹

²⁸oas.org - Iniciativa de Energía Renovable en las Américas – fecha de consulta 03/19 - Documento en línea: <http://www.oas.org/reia/PDF/Newsletter/Issue%201/Issue1sp.pdf>

²⁹asamblea.gob.sv – Ley del medio ambiente – Documento (Ley) en línea: https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/171117_072950_093_archivo_doc

LEY DEL MEDIO AMBIENTE	
Ver Documento:	
Tipo:	Ley
Materia:	Derechos Sociales y Entidades de Servicio
Sub-Materia:	Medio Ambiente (FONAES)
Rama del Derecho:	Derecho Medioambiental
Número:	233
Fecha de Emisión:	02/03/1998
Numero de Diario Oficial:	79
Numero de Tomo:	339
Fecha de Publicación:	04/05/1998
Resumen:	DISPOSICIONES QUE TIENEN POR OBJETO LA PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y EL USO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES.

Figura 28. Decreto 233. Ley del medio ambiente.30

4.1.1.3 LEY DE INCENTIVOS FISCALES PARA EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (2007).

En el año 2007, se establece La Política Nacional Energética Salvadoreña que apoya la diversificación y el aumento de las fuentes de energía, principalmente a través de energías renovables como la hidroeléctrica, la geotérmica, la solar, la eólica y los biocombustibles (así como el carbón mineral y el gas natural). Dando lugar en noviembre del mismo año, a la aprobación de la **Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables en la generación de electricidad.**³¹

Este nuevo marco legal incluye incentivos tales como una exención de impuestos de 10 años para proyectos mayores a 10 MW de capacidad de generación. Un nuevo Sistema de Fomento de las Energías Renovables (SIFER)³ contempla la creación de un Fondo Rotativo de Fomento de las Energías Renovables (FOFER)⁴ que otorgaría créditos blandos, garantías y asistencia para la financiación de estudios de factibilidad de nuevos proyectos.

³⁰ asamblea.gob.sv – Decreto 233, Ley del medio ambiente – fecha de consulta 03/19 - Documento (Decreto) en línea: <https://www.asamblea.gob.sv/decretos/details/406>

³¹ asamblea.gob.sv - Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad – fecha de consulta 03/19 - Documento (Ley) en línea:

4.1.1.4 ACUERDO NO. 39. CATEGORIZACIÓN DE ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS SEGÚN LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE (2007)

En vista que la Ley medio ambiente promulgada el dos de marzo de 1998, mediante Decreto Legislativo No. 233, publicado en el diario Oficial No. 79, tomo 339, solo establecía en los Artículos 19, 21 y 22 de dicha Ley, y Artículo del reglamento general de la Ley de medio ambiente, quien categorizaría la actividad, obra o proyecto de acuerdo a su envergadura y a la naturaleza del impacto potencial, no estableciendo con claridad como lo haría; se emite el acuerdo Ministerial: decreto 39, **Categorización de actividades, obras o proyectos según la Ley del medio ambiente.**

ORGANO EJECUTIVO	
MINISTERIO DE GOBERNACION	
RAMO DE GOBERNACIÓN	
Estatutos de la Asociación Nacional de Personas Positivas Vida Nueva y Acuerdo Ejecutivo No. 11, aprobándolos y confiriéndoles el carácter de persona jurídica.....	4-13
Nuevos estatutos de la Asociación para el Desarrollo Integral Comunitario y Acuerdo Ejecutivo No. 46, aprobándolos.....	14-21
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	
RAMO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	
Acuerdo No. 38.- Delegación de funciones.....	22-23
Acuerdo No. 39.- Categorización de Actividades, Obras o Proyectos según la Ley del Medio Ambiente.....	24-162

Figura 29. Acuerdo No. 39. Categorización de actividades, obras o proyectos según la Ley del medio ambiente.³²

³² diariooficial.gob.sv - Decreto No. 39 – fecha de consulta 03/19 - Documento en línea: <https://www.diariooficial.gob.sv/diarios/do-2007/05-mayo/09-05-2007.pdf>

<https://www.diariooficial.gob.sv/diarios/do-2012/06-junio/08->

Dicho acuerdo tiene como fin, facilitar a los titulares de las actividades, obras y proyectos, el cumplimiento de lo establecido en la Ley, fortaleciendo la seguridad jurídica al titular de la actividad obra o proyecto. Dicho acuerdo fue publicado el día miércoles 09 de mayo de 2007, en el Diario Oficial No. 83, tomo No. 375. Páginas 24-162.

4.1.1.5 ACUERDO NO. 33. MODIFICACIÓN DE ACUERDO NO. 39. CATEGORIZACIÓN DE ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS DESTINADOS AL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA LA GENERACIÓN DE CALOR O ENERGÍA ELÉCTRICA (2012)



Figura 30. Modificación de acuerdo No. 39. Diario Oficial N.105.³³

Con el paso de los años, surgen nuevas tecnologías que permiten aprovechar de mejor manera los recursos naturales y a la vez surgen nuevas actividades, obras y proyectos, algo que se traduce en constantes cambios al acuerdo No.39, que contenía originalmente el documento de caracterización de Actividades, Obras o proyectos según la Ley de medio ambiente, publicado en abril de 2007, por lo que se toma a bien su modificación mediante acuerdo No. 33, incorporando las nuevas actividades, obras o proyectos siguientes: a) Destinados al aprovechamiento de la energía solar para la generación de calor o energía eléctrica, b) Generación de electricidad a partir del aprovechamiento del recurso hídrico y, c) Destinados al aprovechamiento del recurso geotérmico. Dicho acuerdo fue publicado el viernes 08 de junio de 2012, en Diario Oficial No. 105, Tomo 395, Páginas 11-25.

³³ diariooficial.gob.sv – Acuerdo ejecutivo No. 33. Para modificar acuerdo No. 39 – fecha de consulta 03/19 - Documento en línea (Diario Oficial y Decreto Ejecutivo <https://www.diariooficial.gob.sv/diarios/do-2012/06-junio/08->

4.1.1.6 REGLAMENTO ESPECIAL EN MATERIA DE SUSTANCIAS, RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS

En la página 33 del mismo Diario Oficial, apartado de anexos, se establece como primer anexo de la **Categorización de actividades, obras o proyectos destinados al aprovechamiento de la energía solar para la generación de calor o energía eléctrica**, se establece que: Para fines de la presente categorización se entenderá como aprovechamiento de la energía solar el conjunto de obras, instalaciones y operaciones técnicas que permitan utilizar la radiación y calor solar mediante las tecnologías solar fotovoltaica, solar térmica concentrada y termo solar, en sistemas aislados o conectados a la red eléctrica de distribución, con el objeto de generar electricidad o calor ya sea para autoconsumo, con o sin almacenamiento eléctrico, y/o para la cogeneración de energía. Los titulares de actividades, obras o proyectos destinados a generar electricidad, serán responsables de la evaluación y análisis estructural en las edificaciones en las que se instalarán los paneles solares fotovoltaicos u otros dispositivos para captar la energía solar. Todas las actividades, obras, proyectos o instalaciones destinados a generar electricidad que utilicen acumuladores para el almacenamiento de energía, deberán cumplir con lo establecido en el **Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos**.³⁴

Actividades, obras o proyectos con bajo potencial de impacto ambiental. No requieren presentar documentación ambiental.

Grupo A: Actividades, obras o proyectos destinados a la generación de energía eléctrica a base del aprovechamiento de la energía solar
Aprovechamiento térmico de la energía solar para intercambio de calor en edificaciones existentes.
Instalación de paneles solares fotovoltaicos u otros dispositivos para captar la energía solar hasta 100 kW en edificaciones existentes.
Instalación de paneles u otros dispositivos solares fotovoltaicos, con capacidades de hasta 100 kW en viviendas unifamiliares, condominios multifamiliares horizontales o en altura, centros comerciales, educativo y nav es industriales u otras instalaciones ya existentes, ya sea para autoconsumo y/o conectado a la red.

Tabla 1. Grupo A.³⁵

³⁴vertic.org - Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos – Documento en línea: http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/EI_Salvador/SV_Reglamento_de_Productos_Peligrosos.pdf

³⁵ diariooficial.gob.sv/ Diario Oficial N0105, Tomo No. 395. Página 17 –

Grupo B, categoría 2: Actividades, obras o proyectos destinados a la generación de energía eléctrica a base del aprovechamiento de la energía solar

Criterios	Grupo B	
	Categoría 1	Categoría 2
Area a utilizar	Hasta 5 Hectáreas (Ha).	Mayor de 5 Hectáreas (Ha).
Cobertura vegetal	Pastizales, cañales y otras áreas abiertas con cobertura vegetal arbustiva y/o arbórea, hasta 10 árboles/Ha, con DAP igual o mayor de 20 cm.	Cobertura vegetal arbórea, mayor de 10 árboles/Ha con DAP igual o mayor de 20 cm
Clase de Generación.	Fotovoltaica o termo solar	Fotovoltaica, termo solar, térmica concentrada
Topografía	Pendiente promedio hasta del 15%	Pendiente promedio mayor del 15%
Localización	Fuera de Areas Naturales Protegidas, sus zonas de amortiguamiento y áreas de recarga acuífera.	Dentro de Areas Naturales Protegidas, sus zonas de amortiguamiento, áreas de recarga acuífera y en zona costero marina
Capacidad de generación	De más de 100 kW hasta 5 MW	Mayor de 5 MW
Generación de discos	Si se conectan a la red, no hay generación de desechos. Si hay almacenamiento de energía, se utilizan acumuladores requiriendo un manejo ambiental adecuado.	Si se conectan a la red, no hay generación de desechos. Si hay almacenamiento de energía, se utilizan acumuladores requiriendo un manejo ambiental adecuado
Amenaza natural	Las amenazas naturales se han valorado como con un Grado de Amenazas Moderado (A2).	Las Amenazas se han valorado por un Grado Alto (A3) o Muy Alto (A4) por lo que es necesario análisis detallado de las amenazas y presentar medidas de prevención, preparación y/o atención a la emergencia en el caso de producirse el evento esperado.

Tabla 2. Grupo B.³⁶

Los titulares de las actividades, obras o proyectos contemplados en este Grupo, deberán obtener de la autoridad competente, el permiso o autorización correspondiente; quien previo a otorgarla requerirá del MARN notificación de la Categorización respectiva. Las actividades, obras o proyectos incluidos en esta Categoría, deberán presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales emitirá una Resolución determinando que se requiere de la elaboración de dicho documento, para lo cual se anexarán los Términos de referencia correspondientes. De esta Resolución, el titular de la actividad, obra o proyecto, podrá interponer el Recurso de Revisión de acuerdo al Art. 97 de la Ley del Medio Ambiente.

³⁶diariooficial.gob.sv/ Diario Oficial N0105, Tomo No. 395. Página 18 – fecha de consulta 03/19 - Documento en línea:<https://www.diariooficial.gob.sv/diarios/do-2012/06-junio/08-06-2012.pdf>

4.1.1.7 SIGET. SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES

Creada Mediante Decreto Legislativo No. 808, de fecha 12/09/1996 y publicado en el Diario Oficial No. 189, Tomo No. 333, de fecha 9/10/1996, de octubre del mismo año, la Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, denominada SIGET, es la institución facultada para regular la explotación del espectro radioeléctrico y aplicar la Ley de Telecomunicaciones, creada mediante Decreto Legislativo No. 142, de fecha 6 de noviembre de 1997, publicado en el Diario Oficial No. 218, Tomo 337, de fecha 21/11/1997. Siendo su vez la entidad encargada de aplicar las normas contenidas en los tratados internacionales, leyes y reglamentos que rigen al sector electricidad.

Algunas de las atribuciones de la Superintendencia en el sector electricidad son:

- Velar por la defensa de la Competencia.
- Regular los cargos por el uso de redes.
- Regular los cargos de la Unidad de Transacciones.
- Otorgar concesiones para el uso de los recursos hidráulicos y geotérmicos.
- Resolver conflictos entre operadores.
- Dictar normas y estándares técnicos de electricidad.

La Gerencia de Electricidad tiene como función vigilar todas las actividades operativas del sector eléctrico, siendo sus principales responsabilidades:

- Verificar el cumplimiento de la normativa y legislación en materia de electricidad.
- Revisión, análisis y presentación a Junta Directiva de los pliegos tarifarios de las distribuidoras.
- Revisión, análisis y presentación a Junta Directiva de los Requerimientos de Ingresos de la empresa transmisora ETESAL.
- Revisión, análisis y presentación a Junta Directiva del Presupuesto de Ingresos de la Unidad de Transacciones.
- Elaboración de Normas y Estándares Técnicos.

- Atender las quejas y reclamos de los usuarios finales y operadores que se reciban en la SIGET; y, proponer peritos para su intervención en la resolución de conflictos.
- Desarrollo e implementación de las normativas de calidad del servicio de los sistemas de distribución.
- Controlar el cumplimiento de los Niveles de Calidad del Servicio y de las

Metodologías establecidas en el servicio de distribución.

- Seguimiento del comportamiento del Mercado Regulador del Sistema para detectar problemas de la reglamentación o prácticas anticompetitivas por parte de los operadores.
- Análisis y evaluación de solicitudes de concesión de recursos hidráulicos y geotérmicos, con fines de generación de energía eléctrica.
- Revisión y análisis de documentos correspondientes al Mercado Eléctrico Regional y participación en la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE).
- Elaboración de Boletín de Estadísticas Eléctricas.³⁷

4.1.2 NORMATIVA INTERNACIONAL.

4.1.2.1 NFPA 70. NATIONAL FIRE PROTECTION

ASSOCIATION.(ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO)

“El National Electrical Code (NEC), o NFPA 70 , es un estándar de adopción regional para la instalación segura de cableado eléctrico y equipos en los Estados Unidos . Forma parte de la serie de Códigos de Incendios Nacionales publicada por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), una asociación comercial privada. [1] A pesar del uso del término "nacional", no es una ley federal. Por lo general, es adoptado por los estados y los municipios en un esfuerzo por estandarizar su cumplimiento de prácticas eléctricas seguras. [2] En algunos casos, el NEC se modifica, se altera y hasta se puede rechazar en lugar de las regulaciones regionales según lo votado por los órganos de gobierno locales.

El NEC es desarrollado por el Comité de NFPA sobre el Código Eléctrico Nacional, que consta de 19 (20 en 2008) paneles de creación de códigos y un comité técnico de correlación. El trabajo en el NEC está patrocinado por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios. El NEC está aprobado como norma nacional estadounidense por el American National Standards Institute (ANSI). Se identifica formalmente como ANSI / NFPA.

4.1.2.2 NFPA 70. ARTILUCO 690. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

<p style="text-align: center;">NFPA 70®</p> <p style="text-align: center;">Código Eléctrico Nacional</p> <p style="text-align: center;">2008 Edition</p>	690	Sistemas solares fotovoltaicos	70-664
		I. Generalidades	70-664
		II. Requisitos de los circuitos	70-667
		III. Medios de desconexión	70-670
		IV. Métodos de alambrado	70-671
		V. Puesta a tierra	70-673
		VI. Marcado	70-675
		VII. Conexión a otras fuentes de energía	70-676
		VIII. Baterías de acumuladores	70-677
		IX. Sistemas de más de 600 V	70-679

Figura 31. Norma NFPA 70. Artículo 690. Sistema solares fotovoltaicos. Pag.669 – 684.³⁹

El Artículo 690 del NEC (National Electrical Code) establece las reglas para los sistemas PV (por las siglas en ingles de Photovoltaic), ha existido en el documento desde la edición 1987. Para la edición 2011 del NEC, el Artículo 690 ha sido revisado para abordar las inquietudes de seguridad evolutivas relacionadas a la instalación de los sistemas PV (fotovoltaicos). Una de las revisiones significativas trata sobre la asignación de rutas a los conductores de salida y fuentes PV. Una nueva Sección 690.4(E), requiere que estos circuitos sean enrutados a lo largo de los miembros estructurales de un edificio, tales como vigas, cabriadas, cerchas y columnas, donde la ubicación de los miembros estructurales está fácilmente determinada por la observación.

Donde los circuitos sean alojados u ocultos en los acabados del edificio tales como techos laminados y de membrana, deberá estar claramente indicado mediante una marca, que contienen cableado PV. La razón del cambio está relacionada con las inquietudes de seguridad eléctrica expresadas por los bomberos y socorristas de emergencia. Los sistemas PV continuarán produciendo energía aun cuando se desconecte del servicio. Este nuevo requisito de marcación aumentará la seguridad no sólo para el personal de servicio, sino también para los socorristas de emergencia.

³⁹atlingenieria.com.mx - Norma NFPA 70. Artículo 690. –fecha de consulta 03/19 -Documento en línea: <https://atlingenieria.com.mx/wp-content/uploads/2018/11/NEC-NFPA-70-2008-Spanish.p>

Otra de las revisiones clave es una nueva reglamentación en 690.4 (G), que requiere que los sistemas PV con inversores múltiples que se encuentren ubicados de manera remota entre sí cuenten con una guía de conformidad con 705.10 en cada medio de desconexión de cd de un sistema PV. Estas guías identificarían las ubicaciones de todos los medios de desconexión de CA y CD del sistema PV en el edificio. Esta identificación de los medios de desconexión constituye una mejora en la seguridad para aquellos que trabajan con los sistemas PV. De igual manera, una nueva Sección 690.11 requerirá protección listada de interrupción de circuitos de falla de arco con cd para la fuente del sistema PV o circuitos de salida que ingresan en un edificio y que operan a 80 voltios o más. Esta nueva tecnología desconectará de manera automática un circuito fuente si se detectara una falla de arco. Un nuevo e importante cambio en la Sección 690.4 (E) aborda las calificaciones de quienes se hagan cargo de la instalación del equipo y cableado del sistema PV. Esta revisión indica ahora claramente que todo el equipo y cableado relacionado con tecnología solar fotovoltaica debe ser instalado únicamente por personas calificadas.

La fundamentación ofrecida en las etapas de propuestas y comentarios indicó que los crecientes esfuerzos e incentivos para la instalación de estos sistemas han atraído muchas personas al negocio de los sistemas PV. La inquietud es que los contratistas e instaladores comprometidos en esta tarea cuenten con las calificaciones y entrenamiento necesario en el campo de la electricidad. Los sistemas PV producen energía eléctrica y están a menudo interconectados a la red pública de un edificio u otras estructuras servidas por esa energía. Este no es trabajo para una persona “habilitosa”, estos sistemas implican mucho más que simplemente conectarlos y esperar que funcionen. Esta revisión es consistente con nuevos requisitos similares aceptados en otras áreas del NEC que dan tratamiento a las fuentes renovables de energía eléctrica. El nuevo requisito nacional tiene un paralelo con leyes similares promulgadas a nivel local y estatal”.⁴⁰

⁴⁰ nfpajla.org – Seguridad eléctrica – Artículo en línea: <https://www.nfpajla.org/archivos/exclusivos-online/seguridad-electrica/899-el-respeto-por-la-energia>

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

4.2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO Y DIMENSIONES DEL EDIFICIO “A”



Figura 32. Ubicación y orientación del edificio.

El Proyecto de diseño e implementación de una instalación solar fotovoltaica aislada, se realizó al interior del local No.3 de la Universidad Técnica Latinoamericana, ubicado en 3a. Avenida Norte y 7a. Calle Oriente 2-6, Santa Tecla, La Libertad, Bloque “A”, constituido por las aulas: “A-1, A-2, A-3, A-4 y A-5”, Latitud 13°40'41.37"N, Longitud - 89°17'8.52"O, con una elevación de 931 msnm, temperatura promedio de 23 °C.

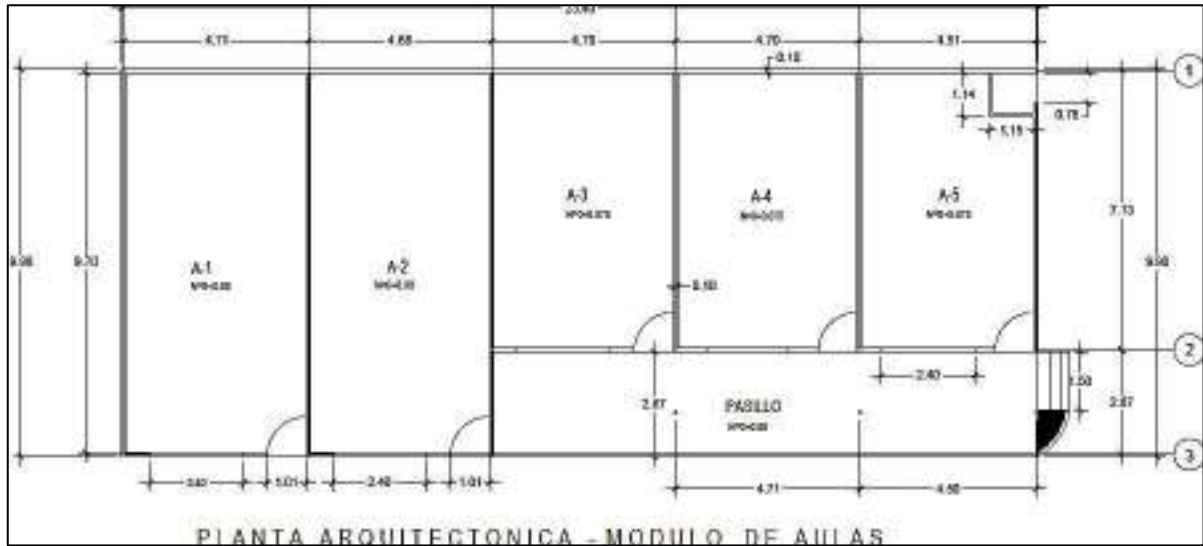


Figura 33. Dimensiones del edificio “A”, largo y ancho.

4.2.1.1 DIMENSIONES EDIFICIO “A”:

4.2.1.2 VISTA FRONTAL DEL EDIFICIO “A”

En la vista frontal se observa abundante vegetación, la cual está ubicada al Oeste a una distancia aproximada de 50 metros, la altura de los arboles alcanza los 25 metros.



Figura 34. Vista frontal del edificio “A”

4.2.1.3 VISTA LATERAL Y ÁNGULO DEL TECHO.



Figura 35. Vista lateral del edificio y ángulo del techo.

El techo es de duralita y comprende un Área de 275 metros cuadrados, con una inclinación al Oeste de 11.1 grados, esta inclinación se obtuvo utilizando un dispositivo medidor de distancias y ángulos laser marca BOSH GLM 100

4.2.2 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Para obtener la información acerca de las condiciones atmosféricas de las coordenadas: Latitud 13.6782 y Longitud -89.2858, que corresponden a la ubicación del proyecto, nos auxiliaremos de la página web de la NASA: "NASA POWER"⁴¹, diseñada para proporcionar el conjuntos de datos solares y meteorológicos, con el fin de apoyar los proyectos de energía renovable, eficiencia energética de edificios y necesidades agrícolas, de igual manera nos auxiliaremos de la página del Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador "SNET".⁴²

⁴¹ nasa.gov – data-access-viewer – fecha de consulta 03/19 –dirección web: <https://power.larc.nasa.gov/>

⁴² Snet.gob – dirección web: <http://www.snet.gob.sv/ver/snet>

4.2.2.1 PASOS PARA OBTENER PARÁMETROS DE IRRADIACIÓN Y CLIMATOLOGÍA DE LA PÁGINA WEB NASAPOWER DATA ACCESS VIEWER.

- Click en el nuevo link de página de la NASA: <https://power.larc.nasa.gov/>
- Luego la opción DATA ACCESS.
- Opción POWER DATA ACCESS VIEWER.
- Y despliega las Opciones principales.



Figura 36. Pantalla principal de la página POWER DATA ACCESS VIEWER.⁴³



Figura 37. Menú principal POWER Single Point Data Access.⁴⁴

⁴³nasa.gov – data-access-viewer – fecha de consulta 03/19 -dirección web: <https://power.larc.nasa.gov>

⁴⁴POWER Single Point Data Access. Fecha de consulta 03/19 - <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

- La página presenta 3 opciones principales:

The image shows two side-by-side screenshots of a web interface for selecting parameters. Both panels have a 'Start Date' and 'End Date' field. The left panel is for a daily report (01/01/2019 to 06/06/2015) and the right panel is for an interannual report (2018). Both panels have '5. Select Output File Formats' with 'ASCII' and 'CSV' checked. Below that is '6. Select Parameters' with a tree view showing categories like 'Meteorology (Moisture and Other)', 'Meteorology (Temperature)', 'Meteorology (Wind)', 'Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal', 'Applications', 'Solar Cooking', 'Solar Irradiance and Related Parameters', and 'Tilted Solar Panels'. At the bottom of each panel is a '7. Submit and Process' section with a 'Submit' button.

Figura 38. Menú de parámetros por día y por año.

- **Daily:** Útil para obtener parámetros por día.
- **Interannual:** para obtener mediciones por año.

Si por ejemplo se quisieran conocer los valores de radiación por día, basta con introducir la latitud y longitud del lugar, seleccionando un rango de tiempo, luego se elige el rubro que se necesita conocer y automáticamente la página despliega los valores incluso en una tabla de Excel, debiendo seleccionar para ello tanto la opción “ASII”, como “CSV”; por ejemplo, si lo que se necesita es conocer la radiación diaria en los últimos 6 meses del año 2019 de un lugar, bastaría con seleccionar la opción “Daily”, Formatos “ASCII” y “SCV”, y la pagina despliega las opciones disponibles para obtener la información; pero si los datos que se necesitan son por año, entonces sería la opción Interannual, y de igual manera la página despliega las opciones disponibles, simplemente dando click en la opción submit and process.

- **Climatology:** Esta opción ofrece un panorama más amplio del lugar del cual se necesitan conocer parámetros como irradiación, temperatura máxima y mínima a dos metro de altura, humedad, velocidad del viento, días sin sol etc.,

por lo que se vuelve la opción más indicada a la hora de diseñar un proyecto fotovoltaico.

Se usó la opción interanual para obtener los parámetros de los últimos 5 años necesarios en el diseño tales como: la radiación, temperatura máxima y mínima a dos metros de altura, Climatología, el ángulo óptimo de inclinación de los paneles solares, de acuerdo a los valores de radiación, etc.

4.2.2.2 TEMPERATURA MÁXIMA A 2 METROS EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS

Temperatura maxima a 2 metros.													promedio anual
2014	30.32	32.31	32.97	32.97	30.68	28.71	31.66	29.78	27.61	27.51	27.96	28.87	30.1
2015	30.17	31.41	32.83	33.4	32.56	30.12	31.53	32.3	28.71	28.37	28.38	29.44	30.77
2016	29.99	30.88	32.45	33.44	32.06	29.36	30.26	29.33	28.47	28.7	28.72	30.14	30.32
2017	30.45	32.05	32.76	33.49	28.99	27.77	29.21	28.64	27.74	27.77	28.24	28.13	29.59
2018	28.69	32.03	33.7	31.92	30.12	28.48	30.78	30.4	28.81	27.48	29.03	29.41	30.06

Tabla 3. Temperatura máxima promedio a 2 metros.

Temperatura máxima a 2 metros (Obtenidas de la página web de investigación de la NASA), siendo 33.49 grados el valor más alto, y 30.6 grados el promedio de los 5 años.

4.2.2.3 TEMPERATURA MÍNIMA A 2 METROS EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS.

Temperatura mínima a 2 metros.													promedio anual
año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septie.	octubre	novi.	diciembre	promedio anual
2014	19.79	21.95	22.89	23.53	23.6	23.22	23.4	23.15	22.45	21.96	20.39	19.68	22.17
2015	20.14	20.51	22.44	24.24	24.22	23.35	23.52	24	23.05	22.89	22.3	21.57	22.7
2016	20.4	20.26	23.22	24.18	24.46	23.13	23.22	23.18	22.55	21.8	20.92	21.29	22.39
2017	20.07	21.52	21.89	23.58	23.5	23.04	22.94	22.91	22.98	22.11	20.06	19.51	22.01
2018	19.31	20.7	22.14	23.15	23.26	22.85	22.86	22.98	22.69	22.06	21.5	19.89	21.95

Tabla 4. Temperatura mínima promedio a 2 metros.

Temperatura mínima a 2 metros (Obtenidas de la página web de investigación de la NASA), siendo 19.51 grados la más baja que se experimentó, y 22.4 grados el promedio de los 5 años.

4.2.2.4 RANGO DE VELOCIDAD DEL VIENTO A 10 METROS (M/S) EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS

La velocidad promedio del viento a 10 metros en Km/h, es de 13.6 Km/h.

Rango de velocidad del viento a 10 metros (m / s)													
año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septie.	octubre	novi.	diciembre	promedio anual
2014	4.22	3.38	3.29	3.34	3.79	2.5	3.14	2.92	2.21	2.33	4.12	4.12	3.34
2015	3.99	4.3	4.19	3.67	2.98	3.29	2.95	2.79	2.12	2.34	2.9	3.42	3.26
2016	4.1	4.01	3.94	3.37	3.93	2.91	2.5	2.85	2.35	3.33	4.27	3.88	3.48
2017	4.24	3.77	4.37	4.37	3.5	2.34	2.84	2.47	2.41	3.48	4.44	4.16	4.46
2018	4.21	3.72	3	4.22	3.92	2.92	3.21	2.68	2.43	3.26	3.7	4.44	4.32

Tabla 5. Rango de velocidad del viento a 10 metros (m/s).

4.2.2.5 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS PROMEDIO SEGÚN EL SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES

- Temperatura ambiente promedio: 26°C
- Temperatura mínima: 16°C
- Temperatura máxima: 33°C
- Humedad relativa: 47%HR
- Velocidad del viento máximo: 61 Km/hora v promedio 25 kph
- Nivel de contaminación: 104 leve.
- Calificación de sismicidad y factor de riesgo asociado: Aceleraciones altas según SNET.

4.3 LEVANTAMIENTO DE DATOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO

4.3.1 Distribución del sistema de luces fluorescentes

El sistema de luces estaba conformado por 24 luminarias de 2 lámparas fluorescentes de 36 watt c/u ubicadas al interior de las aulas, más 4 luminarias de 1 lámpara fluorescente de 36 watts c/u ubicadas en el pasillo. (Aunque las lámparas son de 32 W, se asigna un valor de 36 W para efecto de cálculo debido a que incluimos perdidas por calentamiento que genera el balastro).

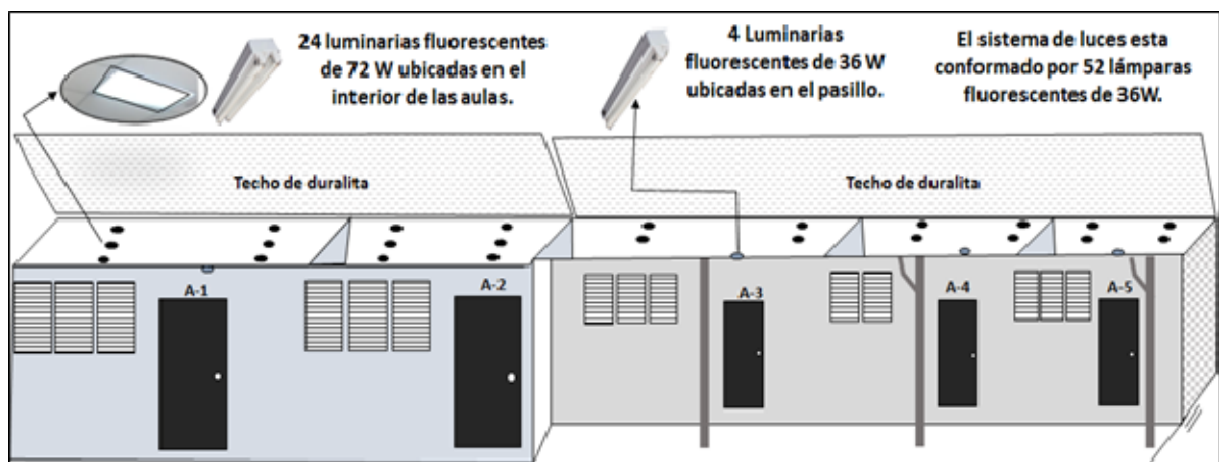


Figura 39. Distribución del sistema de luces en edificio "A"

4.3.2 DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO AUDIOVISUAL

El sistema audiovisual consta de tres pantallas LCD de 150 watts de 32 pulgadas, ubicadas en las aulas “A1, A2 y A5”; y dos proyectores, los cuales están instalados en el aula “A3 y A4”, el convencional con una potencia de 275 watts y 1 LED con 100 watts de potencia.

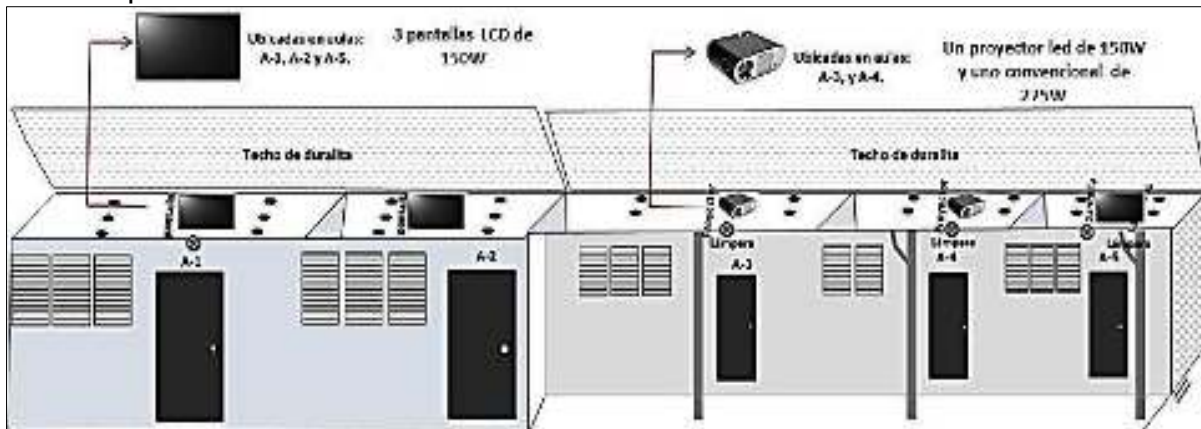


Figura 40. Distribución de equipo audiovisual edificio "A".

4.3.3 Vista de planta Sistema de distribución edificio "A"

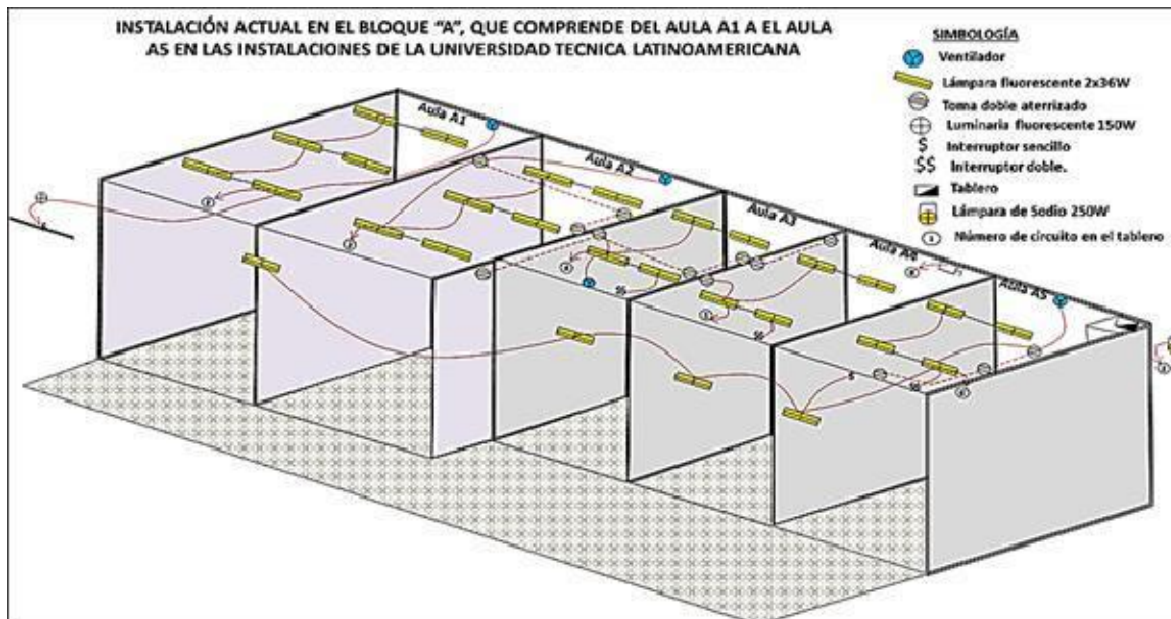


Figura 41. Vista de planta sistema de distribución edificio "A".

4.3.4 DIAGRAMA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO "A".

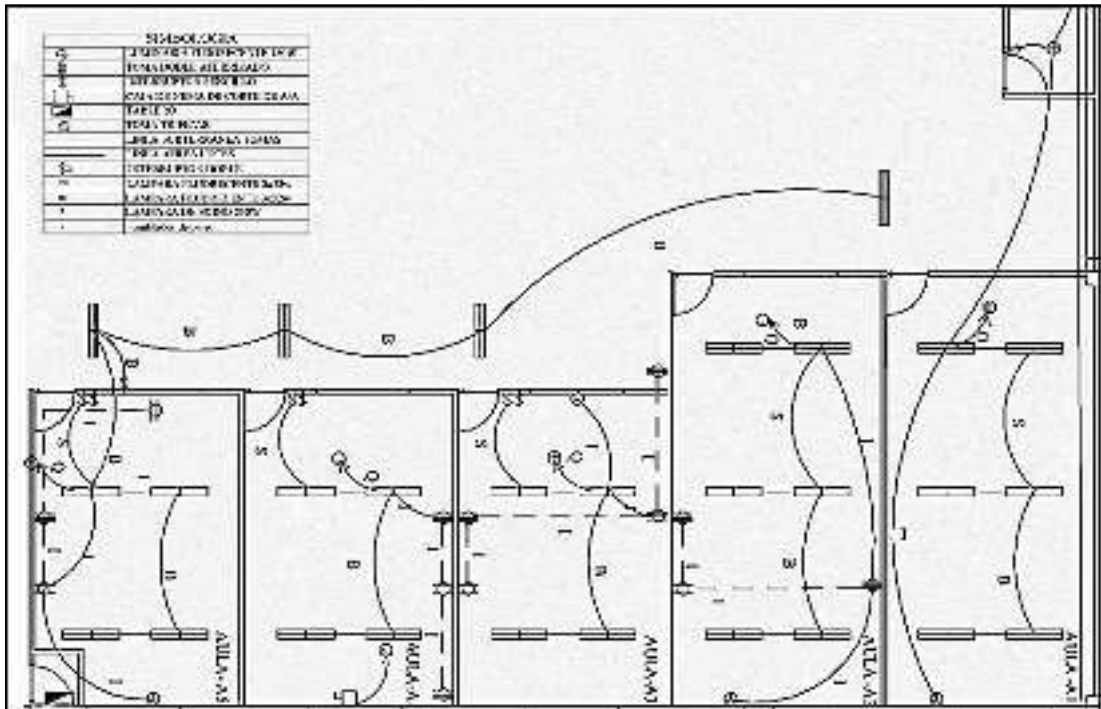


Figura 42. Diagrama unifilar del sistema de distribución edificio "A".

4.3.5 Cálculo de Horas uso por día del Sistema de Luces y Equipo Audiovisual.

Para calcular los valores y características técnicas del equipo a utilizar en el proyecto, fue necesario establecer las horas uso de ambos sistemas (Luces y audiovisual), considerando lo siguiente:

- Que las actividades académicas se desarrolla de lunes a viernes en el horario de las 07:00 am a 09:30 am y de 17:30 pm a 20:30 pm, a diferencia de los días sábados cuando las actividades académicas inician a las 07:00 am y finalizan a las 18:20 pm, por lo que en el día será el sistema de paneles solares generará la energía para cubrir la demanda y cargar el banco de baterías.
- Que el sistema de luces se utiliza entre 3.5 y 4 horas en la noche, y el equipo audiovisual, entre 2 y 2.5 horas diarias, cuando no existe radiación solar, es decir que la generación del sistema de paneles es nula, y la energía debe ser suministrada por el banco de baterías.

- Tomando en cuenta lo anterior, se estableció para efecto de los cálculos, un uso promedio en horas de la noche para el sistema de luces de 4.5 horas y 2.5 horas

Cálculo de carga de iluminación tecnología Led edificio "A"								
	Detalle	Cantidad	Potencia por lámpara	Potencia total [W]	Voltaje	Tiempo Uso [h]	Energía del sistema	Ubicación
1	Lámpara Led	12	18	216	120	4.5	0.97	Aula A-1
2	Lámpara Led	12	18	216	120	4.5	0.97	Aula A-2
3	Lámpara Led	8	18	144	120	4.5	0.65	Aula A-3
4	Lámpara Led	8	18	144	120	4.5	0.65	Aula A-4
5	Lámpara Led	8	18	144	120	4.5	0.65	Aula A-5
6	Lámpara Led	4	18	72	120	2.5	0.18	Pasillos
Demanda total iluminación.							4.07	kWh/día
Total Consumo de Iluminación:							122.04	kWh/mes

para el equipo audiovisual.

4.3.6 CÁLCULO DE CARGA DE ILUMINACIÓN USANDO TUBOS FLUORESCENTES (COMO ANTECEDENTE DEL CONSUMO)

Cálculo de carga de iluminación con tubos fluorescentes edificio "A"								
Nº	Detalle	Cantidad	Potencia por lámpara [W]	Potencia total [W]	Voltaje [V]	Tiempo Uso [h]	Consumo [kW/h]	Ubicación
1	Lámpara fluorescentes	12	36	432	120	4.5	1.944	Aula A-1
2	Lámpara fluorescentes	12	36	432	120	4.5	1.944	Aula A-2
3	Lámpara fluorescentes	8	36	288	120	4.5	1.296	Aula A-3
4	Lámpara fluorescentes	8	36	288	120	4.5	1.296	Aula A-4
5	Lámpara fluorescentes	8	36	288	120	4.5	1.296	Aula A-5
6	Lámpara fluorescentes	4	36	144	120	2.5	0.36	Pasillos
Demanda total iluminación.			1872 W				8.136	kWh/día
Total Consumo de Iluminación:							244.0	kWh/mes

Tabla 6. Cálculo de carga total kwh- Sistema de iluminación fluorescente edificio "A".

4.3.7 CÁLCULO DE CARGA TOTAL KWH SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED SEGÚN HORAS DE USO (4.5 H/DÍA)

Con el cambio total de luminarias fluorescentes por led, el cálculo refleja una reducción en el consumo de energía del 50% (de 244.08 a 122.04 kwh/mes), lo que impacta directa y positivamente en el presupuesto total del proyecto, ya que a mayor necesidad de energía, mayor es la inversión que se requiere en la generación.

Tabla 7. Consumo de energía - Sistema de iluminación Led edificio "A"

4.3.8 CÁLCULO DE CARGA EQUIPO AUDIOVISUAL PARA DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Cálculo de carga - Equipo audiovisual Edificio "A"							
	Detalle	Cantidad	Demanda por equipo.	Voltaje	Tiempo Uso	Consumo	Ubicación
1	pantalla lcd	1	150	120	2.5	0.375	Aula A-1
2	pantalla lcd	1	150	120	2.5	0.375	Aula A-2
3	Proyector Led	1	100	120	2.5	0.25	Aula A-3
4	Proyector convención.	1	275	120	2.5	0.6875	Aula A-4
5	pantalla lcd	1	150	120	2.5	0.375	Aula A-5
Demanda total de proyectores y pantallas			825 W			2.0625	kWh/día
Total Consumo de pantallas y proyectores :						61.875 W	kWh/mes
Total Consumo de pantallas y proyectores :						61.875 W	kWh/mes
Total Consumo de pantallas y proyectores :						61.875 W	kWh/mes

Tabla 8. Cálculo demanda total kwh- Equipo audiovisual edificio "A".

Para conocer la energía tanto del sistema de luces ($P=936\text{ W}$) como la del equipo audiovisual ($P= 825\text{ W}$), multiplicamos la potencia de cada sistema por las horas uso, luego sumamos ambas energías para obtener la energía total del sistema (ver tabla 7).

Energía en a/c = P . Del sistema x H. Uso

Energía Total en a/c sistema = energía sistema de luces + energía equipo audiovisual = $4.07\text{ kwh} + 2.0625\text{ Kwh}$

Energía total del sistema = 6.1305 kW/h – 6130.5 W/h

4.4 Irradiación solar local

De la misma manera que se hizo para obtener información de parámetros como la temperatura y velocidad del viento en los últimos 5 años, se usó la página web de la NASA,

para obtener los datos de la irradiación solar en las coordenadas del lugar. Para conocer la energía tanto del sistema de luces ($P=936\text{ W}$) como la del equipo audiovisual ($P= 825\text{ W}$), multiplicamos la potencia de cada sistema por las horas uso, luego sumamos ambas energías para obtener la energía total del sistema (ver tabla 7).

Energía en a/c = P . Del sistema x H. Uso

Incidente de insolación total en una superficie horizontal (kW-hr / m ² / día) - irradiación promedio													
año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septie.	octubre	novi.	diciembre	promedio anual
2014	5.71	5.99	6.28	6.42	5.35	5.38	6.57	6.26	5.21	5.03	5.57	5.49	5.77
2015	5.64	6.18	6.36	6.58	6.47	5.63	6.03	6.46	5.24	5.12	5.25	5.39	5.86
2016	5.48	6.27	6.06	6.2	5.62	5.72	6.26	5.86	5.5	5.65	5.38	5.25	5.77
2017	5.63	6.03	6.48	6.85	5.31	4.72	6.09	6	5.28	4.78	5.7	5.42	5.7
2018	5.69	6.23	6.69	6.29	5.93	5.04	6.45	6.41	5.73	4.42	5.57	5.48	5.78

Tabla 9. Radiación solar en los últimos 5 años en el lugar del Proyecto

Según los datos obtenidos de la página de la NASA, la radiación promedio en los últimos 5 años fue de 5.77 kW-hr/m²/día; de igual manera fue en abril de 2017 cuando se alcanzó el nivel más alto de radiación solar (6.85 kW-hr/m²/día), y en octubre de 2018 cuando se experimentó el nivel más bajo (4.42 kW-hr/m²/día).

4.4.2 CÁLCULO DEL ÁNGULO ÓPTIMO DE INCLINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DONDE SE FIJARAN LOS PANELES SOLARES Y PROMEDIO DE RADIACIÓN SOLAR POR DÍA

Irradiancia solar para superficies inclinadas hacia el ecuador (conjunto de superficies) (kW-hr / m ² / día)													
Angulo de inclinación.	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septie.	octubre	novi.	diciembre	promedio anual
0°	5.77	6.1	6.65	6.49	5.78	5.6	6.05	6.06	5.29	5.38	5.55	5.51	5.85
13°	6.55	6.62	6.85	6.38	5.8	5.69	6.13	5.87	5.32	5.68	6.19	6.34	6.12
28°	7.1	6.86	6.72	5.93	5.57	5.52	5.92	5.37	5.11	5.74	6.59	6.94	6.11
90°	4.94	3.85	2.67	1.55	2.17	2.42	2.38	1.4	1.97	2.98	4.29	5.05	2.97
parametro													
Irradiancia solar optima - Angulo optimo													
irradiación optima	7.23	6.86	6.86	6.49	5.82	5.69	6.13	6.06	5.33	5.75	6.65	7.13	6.33
Angulo Optimo	40	29	16	1	-8	-12	-11	0	9	23	36	42	13

Tabla 10. Promedio de radiación mensual, anual, optima y ángulo de inclinación

Para calcular el ángulo óptimo de inclinación de la estructura donde se fijaran los paneles, se usó de la tabla de "Incidente de radiación promedio mensual en una superficie inclinada con punta ecuatorial (kWh/m²/día)", esta tabla proporciona parámetros importantes como la radiación promedio por mes y año de acuerdo al ángulo de inclinación, lo que facilita la elección del ángulo óptimo, tomando como referencia los meses de mayor y menor radiación, así como el promedio anual. No siempre el mayor valor de radiación solar en el año, será el más indicado para elegir el ángulo de inclinación, ya que si no se toma en cuenta el valor mínimo, podríamos provocar que en un determinado mes del año cuando se alcance el nivel más bajo de radiación, la producción de energía sea insuficiente debido al casi nulo valor de radiación que recibiría el panel solar.

Al observar la tabla de niveles de radiación, se aprecian los valores máximos de radiación que se dan en los meses de enero y diciembre (7.1 y 6.94KWh/m²/día), en una superficie inclinada a 28°, pero también, se observan los niveles más bajos de radiación en los meses de junio y septiembre (5.52 y 5.11KWh/m²/día). Por ello es importante tomar en cuenta los valores máximos y mínimos de radiación por mes para elegir el ángulo óptimo, el cual también es proporcionado por el software, que a su vez detalla el valor de radiación óptima que se necesitaría. Para el presente proyecto, el promedio de radiación óptimo se obtiene a un ángulo de 13°, con un promedio anual de 5.43 h/m²/día.

4.4.3 CÁLCULO DE HORA SOLAR PICO PARA EL PROYECTO

Las horas solar pico, son fundamentales para la elaboración del diseño de un sistema fotovoltaico, ya que sin esta medición, los cálculos no serían correctos; hay que recordar que la hora solar pico, es una medición útil para determinar el valor de radiación que incide en el área donde se instaló el sistema fotovoltaico.

El concejo Nacional de Energía en su página Web, establece niveles de radiación para este proyecto, entre 4.93 y 5.16 kW/m² y la página de la NASA que recientemente fue actualizada, 6.12 kW/m² con un ángulo de inclinación β (beta) de 13°. Para efectos de cálculo del proyecto, se tomó un valor intermedio de 5 kW/m² o 5 HSP.

4.5 CÁLCULOS PARA SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

4.5.1 DATOS DEL SISTEMA

- Demanda del sistema de luces LED **936 W**
- Demanda equipo audiovisual **825 W**
- Demanda total del sistema **1761 W**

- Consumo de energía sistema de iluminación (Ver Tabla 8) **4.068 KWh/día**
- Consumo de energía equipo audiovisual (Ver Tabla 7) **2.06 KWh/día**

- Energía total del sistema **6.1305 kW/h – 6130.5 W/h**

- Hora solar pico **5 HSP.**

4.5.2 FÓRMULA PARA CÁLCULO DE CANTIDAD DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- Energía total del sistema **6130.5 W/h**
- Potencia del panel a requerir **275 W**
- Hora solar pico **5 HSP**

Factor global de pérdidas o ineficiencias totales desde la radiación directa hasta la energía utilizable la transformación, calentamiento, caídas de voltaje, equipo etc.)

= 0.85. potencia de matriz fotovoltaica = Potencia de matriz fotovoltaica = (energía total) (hsp)(fgp) (6130.5w/h)

(5)(0.85)

Potencia de matriz fotovoltaica = 1442.47w

Usamos paneles de 275W, para poder tener un Voc superior a 48V.

(1442.47w)

275w

= 5.24 paneles aproximamos a 6 unidades

4.5.3 CÁLCULO DE AMPERIOS HORA DEL BANCO DE BATERÍAS

Datos necesarios:

- Energía total del sistema **6130.5 W/h**
- Días de autonomía **1 día.**
- Descarga al **68 %**
- Voltaje de batería a requerir **12 V**
- Amperaje de baterías a requerir **100 A/h**
- Voltaje de banco de baterías **48 V**

Encontramos primero la energía del banco.

Fórmula para conocer la energía del banco de baterías

(E total en w – h)(días de autonomía)
profundidad de descarga.

= w – h del banco

Energía del banco de baterías = [

$$\frac{6130.5 \times 1}{0.68}] = 9015.4 \text{ W/h}$$

Convertimos a amperios hora los watts hora dividiéndolo entre el voltaje del banco de baterías: 9015.4

4.5.4 ARREGLO DEL BANCO DE BATERÍAS

Para obtener los 48 V requeridos por el sistema realizaremos dos arreglos. Arreglo uno de 4 baterías 12 V/100 A/h conectadas en serie.

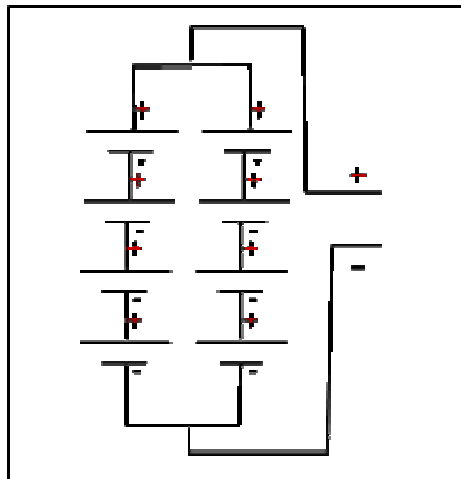


Figura 43. Arreglo del banco de baterías.

Primer arreglo en serie:

$$V_{t1} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 12V + 12V + 12V + 12V = 48V$$

$$I_{t1} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 100 \text{ A/h}$$

Segundo arreglo en serie:

$$V_{t2} = V_5 + V_6 + V_7 + V_8 = 12V + 12V + 12V + 12V = 48V$$

$$I_{t2} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 100 \text{ A/h}$$

Los 200 A/h, los obtenemos conectando los arreglos No.1 y No2 en paralelo:

$$V_T = V_{t1} = V_{t2} = 48V$$

$$I_T = I_{t1} + I_{t2} = 100 \text{ A/H} + 100 \text{ A/H} = 200 \text{ A/h}$$

4.5.5 POTENCIA DEL INVERSOR.

Datos necesarios:

Potencia total demandada del sistema 1761 W Constante

1.2

Potencia del inversor = [1.2 X Pot. total demandada del sistema]

Potencia del inversor = [1.2 X 1761] = 2113.2 W

Inversor requerido de ≈ 3 KW

4.5.6 CONEXIÓN DE PANELES SOLARES

La matriz fotovoltaica se construirá de la siguiente manera:

Se conectaran 3 grupos de 2 paneles, cada uno conectándose en serie, obteniendo un VMP = 63V y una IMP = 8.74 A. Por cada grupo; Y estos 3 grupos se conectaran en paralelo; obteniendo los siguientes datos de la matriz o arreglo fotovoltaico.

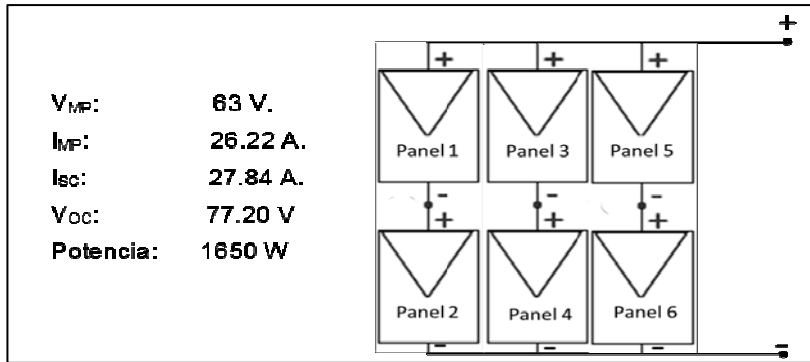


Figura 44. Construcción de la Matriz fotovoltaica.

VOC: Voltaje de circuito abierto del panel.

Isc: Corriente de corto circuito del panel.

4.5.7 DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR DE CARGA

Para seleccionar el controlador de carga, se calcula corriente de entrada y corriente de salida, eligiendo la más alta para su selección.

I_{in} = corriente de entrada al controlador

I_{salida} = corriente de salida del controlador

Cálculo de la corriente de entrada al controlador: I_{in}

$I_{in} = 1.25$ (Isc de la matriz o arreglo fotovoltaico)

corriente de entrada = $1.25 (27.28) = 34.1$ A.

Cálculo de la corriente de salida del controlador:

Datos necesarios:

η = Eficiencia del inversor = 93%

Voltaje Del banco de baterías = 48V

Potencia de la demanda =1761W

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1761}{48} = 36.6875 \text{ A}$$

$$I_{\text{in}} = 1.25 \times I = 1.25 \times 36.6875 = 45.859375 \text{ A}$$

$$I_{\text{in}} = 1.25 (I_{\text{load}}) + I_{\text{self}}$$

$$I_{\text{in}} = 1.25 (36.6875 + 0.93) = 49.31 \text{ A}$$

$$I_{\text{in}} = 1.25 (I_{\text{load}} + I_{\text{self}})$$

$$I_{\text{in}} = 1.25 (36.6875 + 0.93)$$

$$I_{\text{in}} = 1.25 (37.6175) = 47.021875 \text{ A}$$

Pot. en Dc

I salida = 1.25 ((volt de los eq. en Dc) +

1761w

(0.93)

) (48)

No hay cargas conectadas en DC.

1761 W

$$I_{\text{in}} = 1.25 (0.93) = 1.1625 \text{ A}$$

(48)

Elegimos la corriente más alta, es decir: 49.31 A. Se adquirirá un inversor de 80 A.

4.5.8 CÁLCULO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES

Cálculo de conductor y protección de matriz fotovoltaica a controlador de carga.

1.25 = factor por variación de radiación solar.

conduc. de matriz fot. a C. Carga = 1,25x 1.25 x

Isc

conduc. de matriz fot. a C. Carga = 1,25x 1.25 x 27.84 = 41.76 A

Por tanto: Se usara un conductor THHN N° 4, con una protección de 63 amperios /

2polos, y la protección estará al 69.04% de su capacidad

Cálculo de conductor y protección de controlador de carga a baterías

corriente de C. de Carga a baterias = 1.25 (

demanda en W

(η del inversor))

volt. del bancode bat

1761w

corriente de C. de Carga a baterias = 1.25 ((0.93)) = 17.61 A

48v

Por tanto: Se usara un conductor THHN N° 4, con una protección de 63 A/2 polos, y la protección estará al 78.26% de su capacidad.

Cálculo de conductor de banco de baterías a inversor.

La corriente que demandara del banco de baterías al inversor será la misma

corriente que demanda del controlador de carga a baterías.

1761w

corriente de baterias a inversor = 1.25 ((0.93)) = 17.61 A

48v

Por lo tanto: Se usara un conductor THHN N° 4, Con una protección de 60 A/2 polos, es decir la protección está al 78.26% de su capacidad.

Cálculo de conductor y protecciones de inversor a centro de carga.

Corriente de inversor a centro de carga = 1.25 (

1761

) = 2.2. 2.2 2.2 2.2 2.2

(120v)

Por lo tanto: Se usara un conductor THHN N° 10, con una protección de 30 A/1 polo, es decir la protección está al 60% de su capacidad.

Cuadro de carga de demanda del sistema fotovoltaico

CUADRO DE CARGAS DE SISTEMA FOTOVOLTAICO										
SUBTABLERO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO	N° DE CKTO	ESPACIO OCUPADO	FASES	VOLTAJE	HILOS	CARGA INSTALADA EN WATTS	CORRIENTE EN BARRAS		PROTECCION	DESCRIPCION DE CARGA
							A	B		
						825				
	1	1	1	120	3		6.875		1	20
	2	2	2	120	3	432		3.6	1	15
	3	3	1	120	3	216		1.8	1	15
	4	4	1	120	3	288		2.4	1	15
						E	1761	6.875	7.8	
CENTRO DE CARGA 125						F.D	1			
AMP. 120/240V						D.M	1761			

Figura 45. Cuadro de carga de demanda del sistema fotovoltaico.

4.5.9 DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA FIJACIÓN DE PANELES SOLARES

4.5.9.1 DIMENSIONES DE PANELES SOLARES SEGÚN POTENCIA

Medidas de placas solares fotovoltaicas (en milímetros).					
1	320 vatios	992mm	x	1950mm	x 40mm
2	275 vatios	992mm	x	1640mm	x 40mm
3	270 vatios	992mm	x	1640mm	x 40mm
4	265 vatios	992mm	x	1640mm	x 40mm
5	240 vatios	992mm	x	1475mm	x 40mm
6	200 vatios	992mm	x	1240mm	x 35mm
7	160 vatios	670mm	x	1175mm	x 35mm
8	120 vatios	670mm	x	1205mm	x 35mm
9	120 vatios	670mm	x	1115mm	x 35mm
10	100 vatios	670mm	x	945mm	x 35mm
11	80 vatios	670mm	x	770mm	x 30mm
12	60 vatios	505mm	x	770mm	x 30mm
13	50 vatios	505mm	x	650mm	x 25mm
14	40 vatios	505mm	x	530mm	x 25mm
15	30 vatios	345mm	x	605mm	x 25mm
16	20 vatios	345mm	x	470mm	x 25mm
17	30 vatios	345mm	x	415mm	x 18mm

Tabla 11. Medidas de paneles solares según su potencia.45

45 Paneles solares fotovoltaicos org. Medidas de placas solares – En línea: <https://panelessolaresfotovoltaicos.org/paneles-solares-fotovoltaicos/medidas-placas-solares-fotovoltaicas-las-medidas-standar-de-los-paneles/>

4.5.10 DIMENSIONES Y ORIENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE.

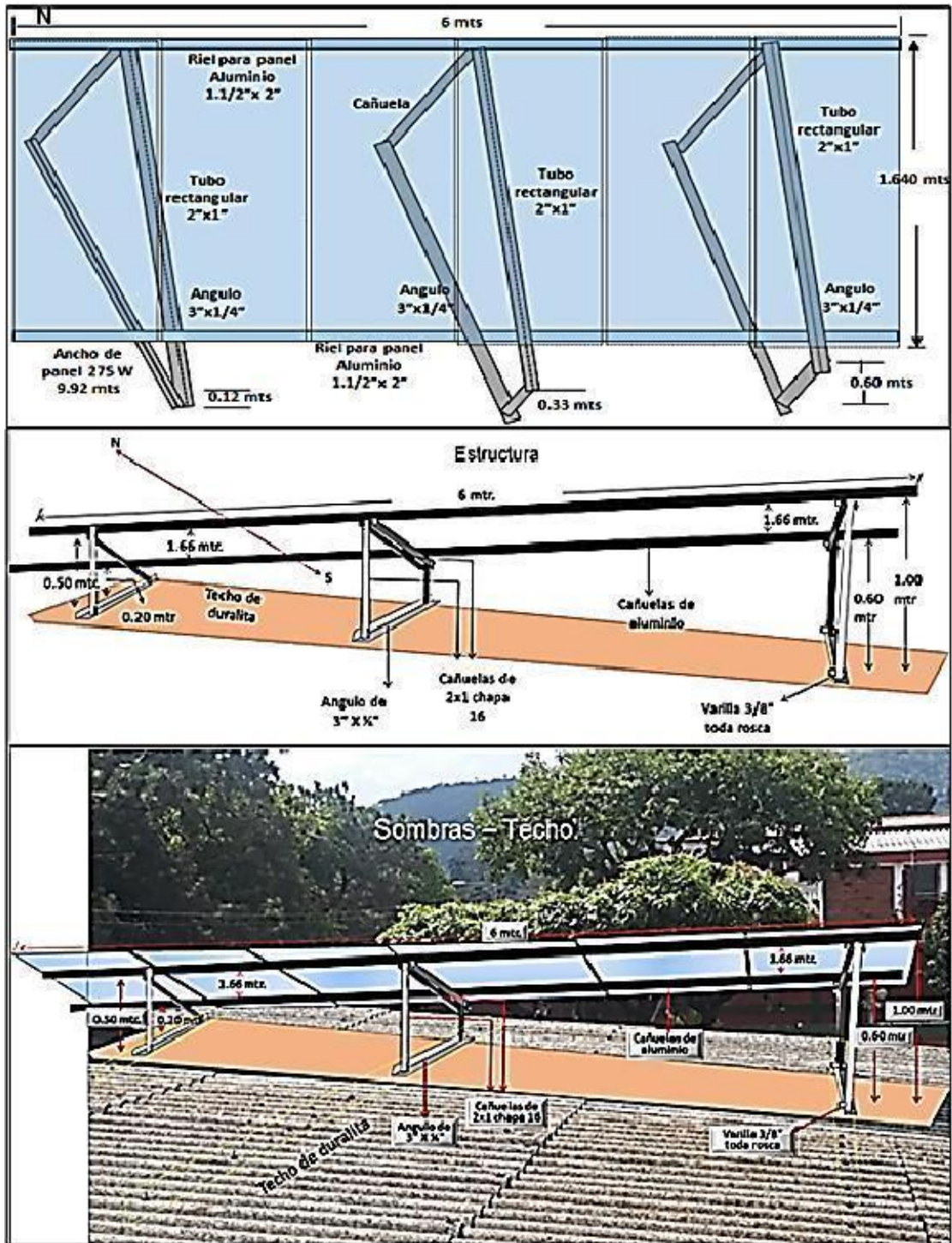


Figura 46. Diseño de la estructura del sistema de paneles solares

La estructura donde se fijaran los paneles solares, se dimensionara según el tamaño de los paneles a requerir (275W), cuyas dimensiones según tabla de medidas de paneles solares, es de 992 mm (0.992 mts) de ancho por 1640mm (1.64mts) de largo, esta medida puede variar en uno milímetros, dependiendo la marca del panel solar. Tomando en cuenta lo anterior, la estructura tendrá de 6 metros de largo, incluyendo en esta medida la distancia entre paneles (de 1.5 a 1.7 cm), y 1.66 metros de ancho, utilizando para su construcción varilla 3/8 toda rosca, cañuelas de aluminio, ángulo de 3*1/4 de pulgada, cañuela de 2x1 chapa 16. Con una altura en la parte inicial ubicada a la orientada de 50 cm * 20 cm, y en la parte ubicada al este de 1 metro * 60 centímetros, esto con el fin de mantener el ángulo de inclinación “ β 13°” optimo.

4.5.11 ANGULO DE INCLINACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

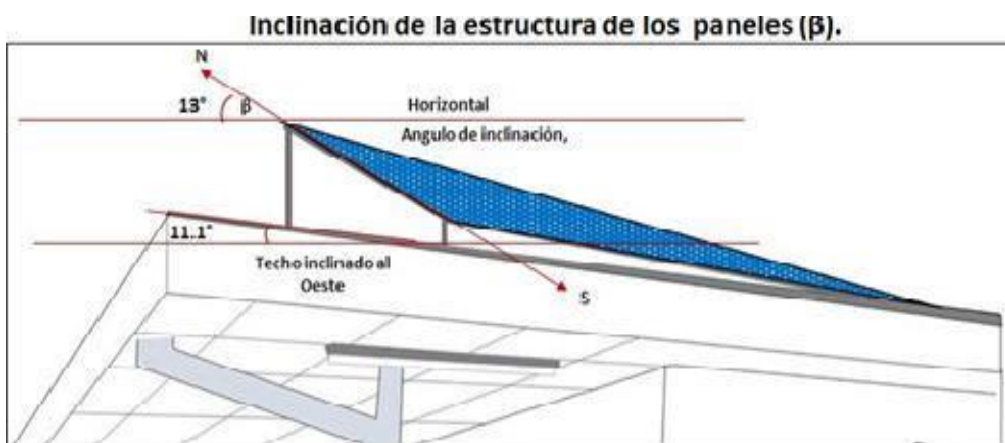


Figura 47. Ángulo de inclinación de la estructura

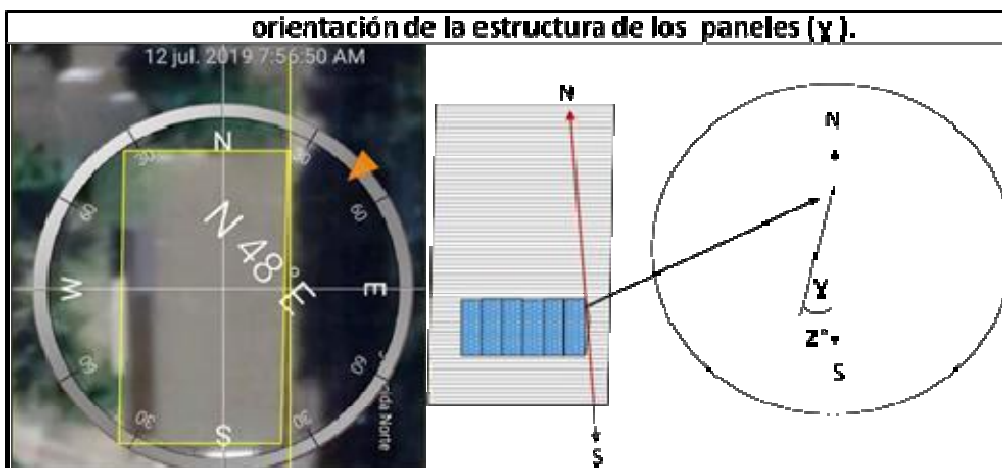


Figura 48. Ángulo de orientación de la estructura

4.5.12 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE BATERÍA

Las baterías más comunes utilizadas en los sistemas fotovoltaicos, sean estas AGM tipo Gel o fibra de vidrio, así como ácido plomo o monoblock, no varían mucho en sus dimensiones, de ahí que estas oscilen de la siguiente manera: Ancho entre 16 cm y 18 cm, alto entre 20 cm y 25 cm, largo entre 25 cm y 28 cm. La estructura será diseñada tomando en cuenta medidas promedios, lo que indica que las dimensiones podrían sufrir alguna variación en la etapa del montaje, cuando prácticamente se conocerán las medidas correctas según las baterías que ofrezca la empresa, cuya oferta sea la más adecuada.

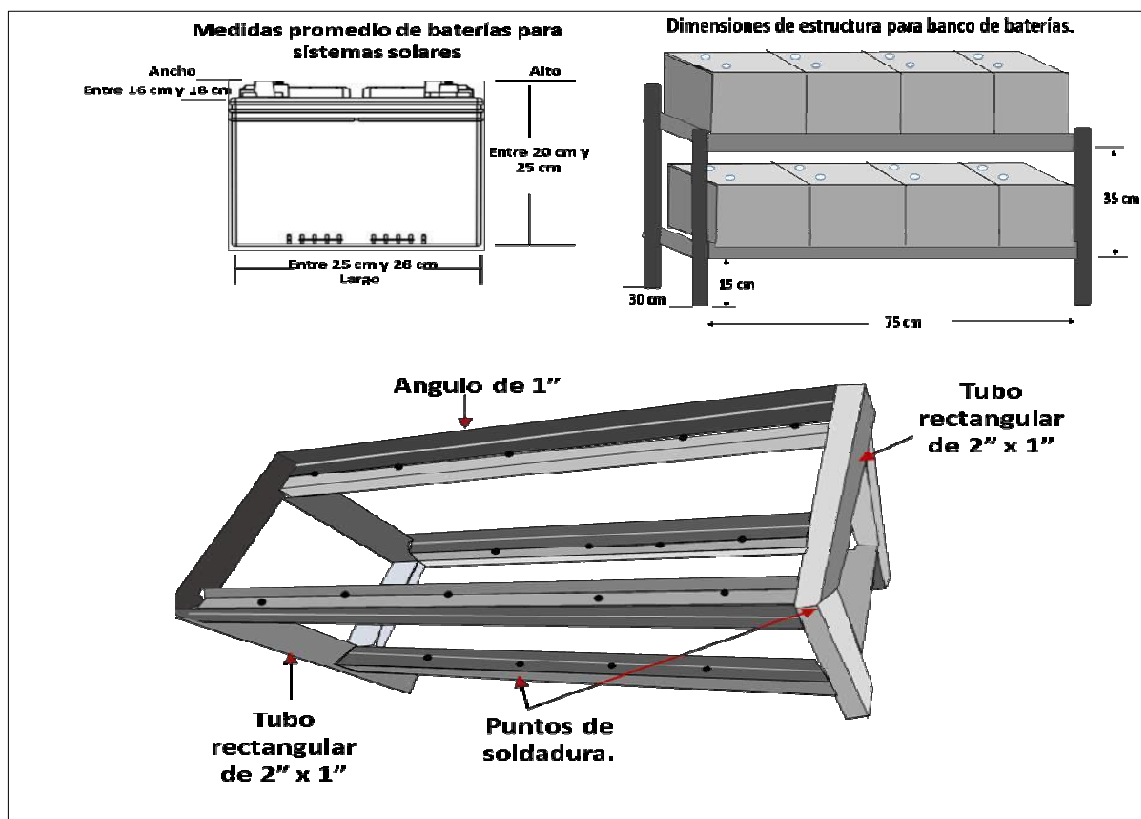


Figura 49. Estructura del banco de baterías.

4.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLIEGO DE CONDICIONES.

4.6.1 OBJETIVO.

Fijar las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir la instalación solar fotovoltaica del edificio A de la UTLA, en cuanto a los equipos, materiales y montaje para asegurar su calidad y confiabilidad.

El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos se podrán adoptar, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que queden suficientemente justificadas su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo

4.6.2 Aspectos Generales

Emplazamiento de la instalación

A continuación se indican las coordenadas de situación de la instalación: Latitud 13°40'41.37"N, Longitud - 89°17'8.52"O Los paneles solares se montarán, en estructura metálica sobre el techo.

4.6.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

4.6.3.1 GENERADORES FOTOVOLTAICOS

Generalidades

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido

sometidos. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

4.6.3.2 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la Tabla mostrada.

Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Pérdidas admitidas

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI + S)</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 12. Tabla de pérdidas permitidas.

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

4.6.3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de monitorización y programación, cuando se instale proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables: -Voltajes y corriente CC a la entrada del inversor y demanda de la instalación. El sistema de monitorización será fácilmente accesible para el usuario. El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación

individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación. Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las celdas y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65 como mínimo. Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o de acero inoxidable.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del \pm 10

% de los correspondientes valores nominales de catálogo. Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las celdas o burbujas en el encapsulado.

Se valorará positivamente una alta eficiencia de las celdas.

La estructura del generador se conectará a tierra. Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (automatos) para la desconexión, de forma independiente para la matriz fotovoltaica hacia el controlador de carga, de controlador a baterías y de baterías a inversor como también en el lado de AC. Automatas

4.3.6.4 ESTRUCTURA DE SOPORTE

Las estructuras de soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá incluir en la Memoria de Solicitud y de Diseño o Proyecto un apartado justificativo de los puntos objeto de incumplimiento y su aceptación deberá contar con la aprobación expresa del propietario.

En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por el NEC 2008 y demás normas aplicables. La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados,

las sobrecargas del viento y sismos, de acuerdo con lo indicado en el Documento Básico de Seguridad Estructural, en lo que se refiere a Edificaciones.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante. Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura, o se aplicara un galvanizador en las áreas perforadas. La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma correspondiente. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos. En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias del código Técnico de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas. Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre el techo. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes. La estructura soporte será calculada según la norma correspondiente para soportar cargas extremas debidas

a factores climatológicos adversos, tales como viento, sismos, etc. Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, será de aplicación el Documento Básico de Seguridad Estructural en lo referente a Acero para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química. Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

4.6.3.5 INVERSOR

Será del tipo adecuado para sistema aislado, con una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas del inversor serán las siguientes:

- De onda senoidal
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- Funcionará en modo aislado.
- Dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.
- Incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:
- Encendido y apagado general del inversor
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continua en condiciones de irradiancia solar unos 10 % superiores a las Condiciones Estándar de Medición (CEM).

- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0.5 % de su potencia nominal. La eficiencia del inversor debe ser superior al 90%.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.
- Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos la siguiente información: Potencia nominal, tensión nominal de entrada, tensión y frecuencia nominales de salida, fabricante y número de serie, polaridad y terminales. Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 10 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

4.6.3.6 ACUMULADORES DE PLOMO - ACIDO (MONOBLOCK).

Se recomienda que los acumuladores sean de plomo-acido, preferentemente estacionarias y de placa tubular, de descarga profunda. No se permitirá el uso de baterías de arranque de automóviles.

Para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador, no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito en Condiciones estándar de medida del generador fotovoltaico. En el caso de que la capacidad del acumulador elegido sea superior a este valor se justificará adecuadamente.

La máxima profundidad de descarga no excederá el 80% en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en

las que estas sobrecargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no será superior al 60%.

La vida del acumulador, definida como la correspondiente hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal, debe ser superior a 1000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50% a 25oC.

El acumulador será instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante. En cualquier caso deberá asegurarse lo siguiente: El acumulador se situará en un lugar ventilado y con acceso restringido, se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes, cada batería o vaso deberá estar etiquetado al menos con la siguiente información:

- Tensión nominal.
- Polaridad de los terminales.
- Capacidad nominal.
- Fabricante y número de serie.

4.6.3.7 REGULADORES DE CARGA

Las baterías se protegerán contra las sobrecargas y sobre descargas. En general, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga, aunque dichas funciones podrán incorporarse en otros equipos siempre que se asegure una protección equivalente.

Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca

cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida.

- La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1%.
- La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.
- Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes estrategias de regulación atendiendo a otros parámetros como por ejemplo el estado de carga del acumulador.

En cualquier caso, deberá asegurarse una protección del acumulador contra sobrecargas y sobre descargas. Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos de la línea de consumo. El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de:

- Corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en CEM.
- Corriente en la línea de consumo: un 25% superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3% del consumo diario de energía. Las tensiones de reconexión de sobrecarga serán distintas de las desconexiones, o bien estarán temporizadas para evitar oscilaciones desconexión-reconexión. El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal.
- Corriente máxima.
- Fabricante y número de serie.
- Polaridad y conexiones.

4.6.3.8 CABLEADO.

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente. Los conductores serán de cobre y tendrán

la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos; concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CD deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1.5 % y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas. Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con el NEC 2008; los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Todos los conductores que presenten defectos superficiales serán rechazados. Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme, exceptuándose en este caso las conexiones realizadas en la ubicación de los equipos y en los dispositivos de protección. Las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa vigente en lo que se refiere a conexión de instalaciones fotovoltaicas aisladas.

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa sobre instalaciones fotovoltaicas aisladas.

4.6.3.9 PROTECCIONES.

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas aisladas. Un automático dos polos acorde a la corriente que circulara por el circuito y por cada dispositivo.

4.6.3.10 PUESTA A TIERRA

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa vigente sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas aisladas a la red de baja tensión.

4.6.3.11 ALUMBRADO

Solo se usaran lámparas que sean LED 120 V 18 W T8 color Blanco frio con un rendimiento mínimo de 95 Lm/watt de 1.20 m de longitud.

4.6.3.12 RECEPCIÓN Y PRUEBAS

El instalador entregará al usuario un documento en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar.

Los manuales entregados al usuario estarán en español/inglés para facilitar su correcta interpretación. Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, Reguladores) éstos deberán haber superado las pruebas de

funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación.

No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas o 10 días sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT.
- Retiro de obra de todo el material sobrante.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de 1

año, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía será de mínimo 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se apreciase que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo

alguno

4.6.4 CONTRATO DE MANTENIMIENTO.

4.6.4.1 GENERALIDADES

Se recomienda realizar un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años. El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

Programa de mantenimiento.

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica no conectadas a red. Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma.

Plan de mantenimiento preventivo:

Operaciones de inspección visual que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, protección y durabilidad de la misma.

Plan de mantenimiento correctivo:

Todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento si lo hubiera. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico calificado bajo la responsabilidad de una empresa instaladora. El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá al menos una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia menor de 5 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, led indicadores, alarmas, etc

- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tierra y reapriete de bornes), platinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.
- Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas. Registro de las operaciones de mantenimiento en un libro de anotaciones, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

4.6.4.2 GARANTÍAS

Ámbito general de la garantía

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones. La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

4.6.4.3 PLAZOS

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 1 año, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 10 años. Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas

interrupciones. Está excluido cualquier desperfecto por vandalismo y fenómenos atmosféricos. Esta garantía cubre todos los materiales eléctricos utilizados en la instalación.

4.6.4.4 GARANTÍA DE EQUIPOS:

- Módulos Fotovoltaicos: 10 años por defectos de manufactura. 25 años garantía de generación, 10 años al 90% del 11 al 25 el 80%.
- Inversor: 1 año de garantía por instalación (mal funcionamiento, bajo suministro de energía)
- o más años de garantía por desperfecto de manufactura. Toda garantía se pierde al presentar golpes, mala manipulación, sobrecarga, vandalismo, terremotos y fenómenos atmosféricos.
- Controlador de carga. Mínimo un año de garantía.
- Baterías: 1 año mínimo de garantía por defecto de manufactura.
- Estructura: 20 Años de garantía en la estructura de aluminio, y accesorios de fijación de los paneles. 10 años de garantía a las fijaciones al techo

4.6.4.5 ANULACIÓN DE LA GARANTÍA

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

4.6.4.6 LUGAR Y TIEMPO DE LA PRESTACIÓN

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará al fabricante. El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 15 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador. El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

4.6.5 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en donde se analicen, estudien y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio básico en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el presente estudio básico.

4.6.5.1 TRABAJOS CON ESCALERA DE MANO:

Antes de utilizar una escalera de mano, el operario deberá comprobar que está en buen estado, retirándola en caso contrario, así como deberá observar las siguientes normas:

- No se utilizarán nunca escaleras empalmadas, salvo que estén preparadas para ello.
- Cuando se tenga que usar escaleras en las proximidades de instalaciones en tensión, su manejo será vigilado directamente por el jefe del trabajo, delimitando la zona de trabajo e indicando la prohibición de desplazar la escalera.
- No se debe subir una carga de más de 30 Kg. sobre una escalera no reforzada.
- Las escaleras de mano se deben apoyar en los largueros (nunca en los peldaños) y de modo que el pie quede retirado de la vertical del punto superior de apoyo, a una distancia equivalente a la cuarta parte de la altura.
- Las usadas para el acceso a planos elevados, tendrán una longitud suficiente para rebasar en 1 metro el punto superior de apoyo y se sujetarán en la parte superior para evitar que basculen. El ascenso y descenso se hará dando de frente a la escalera.
- Cuando no se empleen las escaleras, se deben guardar al abrigo del sol y de la lluvia. No deben dejarse nunca tumbadas en el suelo. Se barnizarán, pero nunca se pintarán.

4.6.5.2 TRABAJOS EN ALTURAS:

Se deberán usar cinturones de seguridad en todo trabajo que por su elevada situación o cualquier otra causa, presenten peligro de caída de más de 3 metros.

El cinturón de seguridad se debe sujetar en puntos fijos y resistentes, como pueden ser cuerdas sujetas a techos, horquillas metálicas o cualquier otro elemento estructural de la construcción.

Queda prohibido sujetar el cinturón en máquinas o andamios. El cinturón debe estar siempre ajustado a la cintura y sujeto en puntos que deben estar preferentemente sobre el nivel de la cintura.

4.6.5.3 HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS

Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, o en marcha aunque sea con movimiento residual. Al finalizar cada turno de trabajo se desconectaran de la alimentación todas las herramientas eléctricas.

Prendas de Protección.

Las prendas de protección utilizados para evitar accidentes por el uso de las herramientas eléctricas son las siguientes: Casco, gafas anti proyecciones, protectores auditivos, guantes de cuero, ropa de trabajo, botas de seguridad, mascarilla anti polvo.

4.6.5.4 TRABAJOS CON CORTADORA DE DISCOS

Cuando se usen estas máquinas, se deberá comprobar que la protección del disco se encuentra instalada cubriendo como mínimo 1 cm. de su parte superior. Queda terminantemente prohibido usar la cortadora radial sin protección o con discos no diseñados para esa máquina. Siempre se deberá usar gafas de protección para evitar posibles impactos en los ojos.

4.6.5.5 EQUIPOS DE SOLDADURA:

Queda prohibida toda operación de corte o soldadura en las proximidades de materias combustibles almacenadas, y en la de materiales susceptibles de desprender vapores o gases inflamables y explosivos, a no ser que se hayan tomado precauciones especiales. Con carácter general en todos los trabajos se usarán guantes y gafas protectoras. Los motores generadores, los rectificadores o los transformadores de las máquinas, y todas las partes conductoras estarán protegidas para evitar contactos accidentales, con partes en tensión, estando conectados los armazones a tierra.

Los cables conectores estarán aislados en el lado de abastecimiento, estando la superficie exterior de los mangos, así como de las pinzas, completamente aislada y provista de discos o pantallas para proteger las manos del calor de los arcos. En caso

contrario se utilizarán guantes. En la proximidad de instalaciones de alta tensión o en celdas de protección, es obligatorio que el trabajo se haga por parejas de operarios, con el fin de tener mejor vigilancia y más rápido auxilio en caso de accidente.

4.6.5.6 HERRAMIENTAS MANUALES

Se entiende como herramientas manuales, todas aquellas que no necesitan de servicio eléctrico para su funcionamiento, tales como martillos, destornilladores, etc...

RIESGOS DEL USO DE HERRAMIENTAS MANUALES

Los riesgos más comunes por el uso de las herramientas manuales, son las siguientes: Golpes en las manos y pies, cortes en las manos, proyección de partículas, caídas al mismo nivel, caídas a distinto nivel.

4.6.6 MEDIDAS PREVENTIVAS.

Las herramientas serán utilizadas para las tareas para las que han sido diseñadas. Antes de su uso se revisará el buen estado de las mismas. Se mantendrán limpias. Mientras se estén utilizando se evitará dejarlas en el suelo.

4.6.6.1 PRENDAS DE PROTECCIÓN

Las prendas utilizadas para evitar accidentes durante el uso de las herramientas manuales serán las siguientes: Casco, gafas de protección, ropa de trabajo, guantes de cuero, guantes aislantes, botas de seguridad.

4.6.6.2 MANEJO DEL BANCO DE BATERÍAS

Siempre use ropa resistente al ácido, guantes de PVC, gafas protectoras y botas de hule especialmente donde hay riesgo de salpicaduras. Mantenga siempre las baterías

en posición vertical. Siempre tenga bastante Agua Destilada· bicarbonato de soda, agua corriente en caso de derrame de ácido.

4.6.6.3 ZONAS DE RIESGO

Este apartado tiene por objeto la definición sobre las posibles zonas en las que se pueden encontrar los trabajadores de la obra.

La relación de las zonas que se pueden dar en una obra son las siguientes:

- Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura por las particulares características de la actividad desarrollada, los procedimientos aplicados, o en el entorno del puesto de trabajo.
- Trabajos en los que la explosión y los agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.
- Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes para los que la normativa específica obliga a la delimitación de zonas controladas o vigiladas.
- Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.
- Trabajos que expongan a riesgo de ahogamiento por inmersión.
- Obras de excavación de túneles, pozos y otros trabajos que supongan movimientos de tierra subterráneos.
- Trabajos realizados en inmersión de equipo subacuático.
- Trabajos realizados en cajones de aire comprimido.
- Trabajos que impliquen el uso de explosivos.

- Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

4.6.6.4 LIBRO DE INCIDENCIAS O BITÁCORA

Con fines de control y seguimiento del plan de montaje, seguridad y salud existirá en la oficina de obra un libro de incidencias o bitácora que constará con hojas por duplicado, habilitado al efecto. El libro de incidencias estará siempre en obra en poder del coordinador durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la dirección facultativa. A dicho libro tendrán acceso: la supervisión, los contratistas o los subcontratistas o los trabajadores autónomos o las personas u órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra.

En él se anotaran las observaciones de la supervisión, los contratistas o el propietario y la superación de las mismas indicando fechas y firmas de los responsables.

4.7 ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTO TOTAL DE LA OBRA

4.7.1 LISTADO DE PRECIOS:

Estructura de aluminio (€1.00 = \$1.11 EEUU / 378.45Euros = \$430.065 EEUU).

TECHNO SUN Lista de precios P.V.P.

Estructuras Completas Aluminio FV



Referencia	Modelo	P.V.P.
090.D7.02.51X1642H	1 mod. H Estructura aluminio ajustable 1 módulo horizontal (1642x994-e80) suado - TECHNO SUN	72,88€
090.D7.02.71X9642H	1 mod. H Estructura aluminio coplanar 1 módulo horizontal (1642x994) tejado - TECHNO SUN	61,82€
090.D7.02.52X1642H	3 mod. H Estructura aluminio ajustable 2 módulos horizontal (1642x994) suado - TECHNO SUN	929,51€
090.D7.02.72X9642H	3 mod. H Estructura aluminio coplanar 2 módulos horizontal (1642x994) tejado - TECHNO SUN	939,72€
090.D7.02.53X1642H	3 mod. H Estructura aluminio ajustable 3 módulos horizontal (1642x994) suado - TECHNO SUN	994,13€
090.D7.02.73X9642H	3 mod. H Estructura aluminio coplanar 3 módulos horizontal (1642x994) tejado - TECHNO SUN	972,90€
090.D7.02.55X1642H	5 mod. H Estructura aluminio ajustable 5 módulos horizontal (1642x994) suado - TECHNO SUN	209,21€
090.D7.02.75X9642H	5 mod. H Estructura aluminio coplanar 5 módulos horizontal (1642x994) tejado - TECHNO SUN	202,18€
090.D7.02.57X1642H	7 mod. H Estructura aluminio ajustable 7 módulos horizontal (1642x994) suado - TECHNO SUN	307,45€
090.D7.02.77X9642H	7 mod. H Estructura aluminio coplanar 7 módulos horizontal (1642x994) tejado - TECHNO SUN	303,21€

Figura 50. Listado de precios de estructura de aluminio.

Paneles solares (€1.00 = \$1.11 EEUU / 135 Euros = \$149.85 EEUU).

TRINA			
SOL0182	Panel solar 275W policristalino TSM-275 P D05 (1650X992X35mm) TRINA SOLAR		135,00 €
SOL121	Panel solar 340W Poli TSM340-PE14H (2000X992X40mm) SPLIT MAX Series TRINA SOLAR		142,64 €

Figura 51. Precio de paneles solares.

Inversor. (€1.00 = \$1.11 EEUU / 1,940 Euros = \$5,131 EEUU).

OUTBACK			
Serie VFXR Híbrido			
OFF227	Inversor cargador 2600W-112V - VFXR2612E - OUTBACK		1.748,21 €
OFF228	Inversor cargador 3000W-24V - VFXR3024E - OUTBACK		1.748,21 €
OFF229	Inversor cargador 3000W-48V - VFXR3048E - OUTBACK		1.748,21 €

Figura 52. Precio de Inversor.

Regulador. (€1.00 = \$1.11 EEUU / 603.59 Euros = \$669.9849 EEUU)

OUTBACK			
Serie FM			
CHA019	Regulador MPPT 60A-12/24/48/60V - FM60 - OUTBACK		551,78 €
CHA020	Regulador MPPT 80A-12/24/48/60V - FLEXmax 80 FM80 - OUTBACK		603,59 €

Figura 53. Precio de regulador Outback.

Programador para Outback. (€1.00 = \$1.11 EEUU / 504.23 Euros = \$559.6953 EEUU)

Monitores para Outback			
Referencia		Modelo	P.V.P.
573.C2.07.MATE	-	Controlador con display para VFX,FX y FM - MATE - OUTBACK	250,16€
573.C2.07.FN-DC	-	Monitor de batería (Flexnet) hasta 3 shunts - OUTBACK	320,73€
573.C2.07.MATE3		Controlador con display para FX,VFX y FM con ethernet - MATE3 - OUTBACK	504,23€
573.C2.07.SHUNT250	250A	Shunt 250A 50mV DC - OUTBACK	29,80€
573.C2.07.SHUNT500	500A	Shunt 500A 50mV DC - OUTBACK	42,35€

Figura 54. Precio de monitor para Outback.

Comunicador e interface Outback. (€1.00 = \$1.11 EEUU / 24.31 Euros = \$26.984 EEUU.

Comunicaciones e Interfaces Outback		
Referencia	Modelo	P.V.P.
573.00.07.RTS	Sensor de temperatura RTS para EX, VEX y FM OUTBACK	24,31€

Figura 55. Precio Comunicador e interface Outback

Baterías de Monoblock. (€1.00 = \$1.11 EEUU / 182.83 Euros = \$202.941 EEUU)


	BAT049	12V/24Ah Monoblock AGM 12w 24Ah (C20) CP12240H-X VISION BATTERY	74,05 €
	BAT048	12V/40Ah Monoblock AGM 12w 40Ah (C10) 6FM40-X VISION BATTERY	70,00 €
	BAT280	12V/60Ah Monoblock AGM 12w 60Ah (C10) 6FM60-X VISION BATTERY	114,00 €
	BAT236	12V/75Ah Monoblock AGM 12w 75Ah (C10) 6FM75-X VISION BATTERY	97,00 €
	BAT006	12V/120Ah Monoblock AGM 12v 120Ah (C10) 6FM120X VISION BATTERY	182,83 €
	BAT232	Batería 12V/180Ah AGM ciclo profundo Monoblock Alto rendimiento 12v 180Ah (C10) 6FM1800-X VISION BATTERY	290,98 €

Figura 56. Precio de baterías monoblock

4.8 LISTADO DE PARTIDAS

PARTIDA 1

ITEM	INSPECCION DE TECHOS Y TOMA DE MEDIDAS	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
1.1	Mano de obra	1	\$21.72	\$21.72
				\$21.72

PARTIDA 2

ITEM	READECUACION DE CKTOS; Y CAMBIO DE LAMPARAS FLUORESCENTES POR	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
\$1.20	Lámpara LED de 18W 120VAC	52	\$10.05	\$522.60
\$1.30	Accesorios para instalación como, conectores, conductores, cintas aislantes.	1	\$27.50	\$27.50
\$1.40	Mano de obra	52	\$1.67	\$86.88
				\$636.98

PARTIDA 3

ITEM	ESTRUCTURA PARA MONTAJE DE MODULOS FOTOVOLTAICOS	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
1.5	Estructura de aluminio coplanar para 7 módulos	1	\$ 430.00	\$ 430.00
1.6	Mano de obra por instalación	1	\$ 130.32	\$ 130.32
				\$ 560.32

PARTIDA 5

ITEM	INVERSOR Y SENSOR DE TEMPERATURA	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
2.9	Inversor cargador 3000W-48V - VFXR3048E - OUTBACK	1	\$ 1,940.51	\$ 1,940.51
3	Sensor de temperatura para batería.	1	\$ 26.98	\$ 26.98
3.1	Accesorios para instalación como anclas, tornillos,	1	\$ 9.00	\$ 9.00
3.2	Mano de obra por instalación	1	\$ 43.44	\$ 43.44
				\$ 2,019.93

PARTIDA 6

ITEM	CONTROLADOR DE CARGA Y PROGRAMADOR	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
3.3	Regulador de carga o controlador de carga de 80 A 60 V.	1	\$ 669.98	\$ 669.98
3.4	Controlador con display MATE 3 con conexión Ethernet	1	\$ 559.59	\$ 559.59
3.5	Accesorios para instalación como: Anclas, tornillos, terminales de ojo	1	\$ 9.00	\$ 9.00
3.6	Mano de obra por instalación	1	\$ 43.44	\$ 43.44
				\$ 1,282.01

PARTIDA 7

ITE	CONSTRUCCION DE BANCO PARA MONTAJE DE BATERIAS	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
3.7	Dimensiones: Alto 50 cm; Ancho 30 cm, largo 77cm	1	\$ 50.00	\$ 50.00
3.8	Mano de obra	1	\$ 16.80	\$ 16.80
				\$ 66.80

PARTIDA 8

ITEM	BATERIAS	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
3.9	Baterías de 100 Ah / 12 volt	8	202.94	1623.52
4	Accesorios para instalación como: Terminales para entallar, cintas aislantes.	1	\$ 12.00	\$ 12.00
4.1	Mano de obra por instalación	1	\$ 16.80	\$ 16.80
				\$ 1,652.32

PARTIDA 9

ITEM	PROTECCIONES EN DC	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
4.2	Autómata de 60 A/2p	3	\$ 25.90	\$ 77.70
4.3	Caja para protecciones	1	\$ 10.50	\$ 10.50
4.4	Accesorios para instalación como anclas, tornillos	1	\$ 3.50	\$ 3.50
4.5	Mano de obra por instalación	1	\$ 16.80	\$ 16.80
				\$ 108.50

PARTIDA 10

ITEM	ALAMBRADO DE CONTROLADOR DE CARGA, INVERSOR, PROGRAMADOR, BATERIAS Y SALIDA DE 120V AC HACIA CENTRO DE CARGA.	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
4.6	Terminal de entallar para cable 4	20	\$ 2.65	\$ 53.00
4.7	Conductor pv N° 4	20	\$ 4.90	\$ 98.00
4.8	Cinta aislante súper 33	1	\$ 4.60	\$ 4.60
4.9	Accesorios para instalación, como alambre galvanizado, tecnoducto, conectores para tecnoducto, abrazaderas, anclas, tornillos	1	\$ 10.50	\$ 10.50
5	Mano de obra	1	\$ 43.44	\$ 43.44
				\$ 209.54

PARTIDA 11

ITEM	PROTECCIONES EN AC	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
5.1	Tablero de sobreponer de 6 espacios	1	\$ 18.40	\$ 18.40
5.2	Tablero de 1 espacio	1	\$ 4.50	\$ 4.50
5.3	Térmicos de 15 A/1p	3	\$ 4.30	\$ 12.90
5.4	Térmicos de 30 A/1p	1	\$ 5.20	\$ 5.20
5.5	Térmicos de 20 A/1p	1	\$ 4.30	\$ 4.30
5.6	Cepo para polarizar de 5/8"	1	\$ 1.40	\$ 1.40
5.7	Barra copperweld de 5/8" x 8 Pies	1	\$ 13.25	\$ 13.25
5.8	Conductor N° 10 THHN para polarizar	4	\$ 0.85	\$ 3.40
5.9	Accesorios para instalación como Anclas, tornillos, tecnoducto, conectores para tecnoducto etc.	1	\$ 6.50	\$ 6.50
6	Mano de obra	1	\$ 16.80	\$ 16.80
				\$ 86.65

PARTIDA 12

ITEM	PRUEBAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	SUB TOTAL
6.1	Mano de obra	1	\$ 26.64	\$ 26.64
				\$ 26.64

ITEM	SUB TOTAL			\$ 7,831.47
6.2	SUPERVISION Y BENEFICIO EMPRESARIAL			\$ 1,722.92
6.3	IVA			\$ 1,242.07
				\$10796.45958

Tabla 13. Partidas - proyecto.

4.8 LISTADO DE PLANOS

P1/3 Plano de ubicación geográfica.

P2/2 Información arquitectónica y cuadro de cargas.

P3/3 Planta de instalaciones eléctricas y diagrama bifilar fotovoltaico

4.9 CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO

4.9.1 EXPOSICIÓN FINAL DEL PROYECTO A LAS AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD (UTLA), PARA PROCEDER A LA LICITACIÓN

Una vez finalizada la etapa de diseño de la instalación fotovoltaica, se procedió a exponer el proyecto a las principales autoridades de la Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA), con el fin de despejar cualquier duda acerca del equipo a utilizar, y el funcionamiento del sistema, resaltando en la misma reunión la importancia de iniciar como institución de educación Superior, una política de autogeneración de energía a través de fuentes renovables, para garantizar así el abastecimiento de energía a las necesidades propias de la Universidad, y confirmar el compromiso adquirido de proteger y conservar el medio ambiente. Finalizada la exposición, las autoridades recomendaron garantizar el suministro de energía, colocando un “bypass” que permitiera continuar con el suministro de energía a través de la red, ante la falta de generación del sistema fotovoltaico o descarga temporal del banco de baterías; también se recibió la respectiva autorización para iniciar con el proceso de licitación.

4.10 DETALLE DE COTIZACIONES Y RESPUESTA

Para el Montaje del sistema, se contactaron diferentes empresas (7 en total) para que ofertaran una vez recibida la información del proyecto de la instalación fotovoltaica, sugiriéndoles que hicieran llegar sus ofertas a través de correo electrónico, se le dio seguimiento constante mediante llamadas telefónicas, con el fin de agilizar la respuesta de las mismas.

Para verificar el nivel de solides, trayectoria y credibilidad de las empresas, se indagaron brevemente datos como, proyectos realizados, actividad comercial a la que se dedican, solides, y otros datos importantes que fácilmente pueden obtenerse a través del internet, obteniendo los datos que a continuación se detallan, y la respuesta recibidas de cada una de las 7 empresas.

4.11 EMPRESAS A LAS QUE SE SOLICITÓ REALIZAR UNA OFERTA.

1) ALBATECH



<http://albatech.com.sv/>

Teléfonos y correo electrónico: 23042600 y 23042601- info@albatech.com.sv

Empresa dedicada a: La fabricación y suministro de equipos eléctricos; su oferta fue de \$13,197.06 para un sistema fotovoltaico aislado de 3100W, (solo consideraron el sistema de luces en visita técnica), por lo que fue descartada por considerarse demasiada elevada.

2) EPC REGIONAL



<http://epcregional.com.sv>

Teléfonos y correo electrónico: 22488400- 22428408- 22985174- 71684095 - servicioalcliente@epcregional.com.sv

Empresa dedicada a: La generación y distribución de energía eléctrica, EPC regional y Albatech presentaron la misma cotización, ya que ambas empresas se fusionaron.

3) DEL SOL ENERGY S.A DE C.V.



<https://www.delsolenergy.net/>

Teléfonos y correo electrónico: 22892014- 22899073- 22759509- 22789903
- Info@delsolehergy.net

Empresa dedicada a: Diseñar y montar sistemas solares con inyección a la red eléctrica, Sistemas aislados, Sistemas híbrido; y su oferta fue de, \$9,247.92.

4) INGENIERIA SOLAR (SEE, S.A.)



https://www.seesa.com.sv/IS/Sobre_Nosotros.html

Teléfonos y correo electrónico: 2270 9518- 2270 6272- info@seesa.com.sv / No ofertó.

5) TECNOSOLAR



<http://www.asolanosolar.com/>

Teléfonos y correo electrónico: 22645173-
25024487 tecnosolar@asolanosolar.com/ No
ofertó.

6) OMNISPORT-ENERGY SOLUTION



Teléfonos y correo electrónico: 2205-1900 / Únicamente cuentan con el desarrollo de proyectos fotovoltaicos con inyección a la red, y no del tipo aisladas como el que estamos desarrollando.

7) TECNOSOL.



<http://www.asolanosolar.com/inici>

o

Teléfonos y correo electrónico: 2245 6386 - info@tecnosol.com.sv / No ofertó.

4.12 PROPUESTA ALBATECH Y EPC REGIONAL, S.A. DE C.V.4.3.1.1 CARTA DE OFERTA ECONÓMICA

CARTA DE OFERTA ECONÓMICA	
Hugo Cardoza Representante del comité de estudiantes de la UTLA	
Es presentada nuestra Oferta Económica para el suministro e instalación de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red de 3.10 kW, ubicado Santa Tecla, departamento de La Libertad. Nuestra propuesta incluye suministro e instalación módulos, inversores, baterías, red de puesta a tierra, tubos LED, protecciones y demás accesorios necesarios para la instalación del sistema.	
El sistema que se propone fue diseñado para dar energía eléctrica a las luminarias del edificio de las aulas A-1, A-2, A-3, A-4, y A-5.	
El precio ofertado para el suministro e instalación de un sistema solar fotovoltaico aislado de 3.10 kW es en letras: TRECE MIL, CIENTO NOVENTA Y SIETE CON 06/100 DÓLARES AMERICANOS , en números: USD \$13,197.06 IVA INCLUIDO .	
Nombre del Proponente: EPC REGIONAL S.A. DE C.V. Numero de NIT: 0614-251114-106-1	
F. _____ Hugo Cardoza Representante del comité de estudiantes de la UTLA	F. _____ EPC Regional S.A. de C.V.
CALLE MIRADOR Y 99 AVENIDA NORTE # 643, COLONIA ESCALON SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A. PBX: + [503] 2246 - 8400 VENTAS: + [503] 2246 - 8408	

Figura 57. Carta de oferta económica ALBATECH Y EPC regional

4.12.1 PROPUESTA ECONÓMICA OBRA ELÉCTRICA

PROPUESTA ECONÓMICA OBRA ELÉCTRICA

Dentro del presupuesto se incluyen todas las tareas de suministro de componentes, instalación y puesta en marcha de los equipos, los cuáles se describen de forma general en la tabla 1 del cuadro resumen.

Los trabajos se llevaran a cabo durante en un periodo de 10 a 15 días hábiles.

Todo el sistema tiene sus protecciones eléctricas, medios de desconexión y su red de puesta a tierra.

Presupuesto General					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
1	Módulo policristalino de 310 W	10	Pieza	\$250.00	\$2,500.00
2	Controlador MPPT de 60 A	1	Pieza	\$1,050.00	\$1,050.00
3	Batería de 200 Ah de 12 V	12	Pieza	\$396.83	\$4,796.00
4	Inversor aislado de 3.0 kW a 48 V	1	Pieza	\$934.50	\$934.50
5	Accesorios de instalación	1	NA	\$1,145.00	\$1,145.00
6	Red de puesta a tierra	1	NA	\$32.00	\$32.00
7	Reordenamiento de cargas de luces	1	NA	\$323.00	\$323.00
8	Tubo LED de 18 W	55	Pieza	\$4.25	\$233.75
9	Instalación	1	NA	\$664.56	\$664.56

Subtotal	\$11,678.81
13 % IVA	\$1,518.25
Total	\$13,197.06


Tabla 1. Cuadro resumen de presupuesto.

CALLE MIRADOR Y 99 AVENIDA NORTE # 643, COLONIA ESCALON SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A.
PBX: + [503] 2246 - 8400
VENTAS: + [503] 2246 - 8408

Figura 58. Propuesta económica obra eléctrica ALBATECH Y EPC regional

4.12.2 PROPUESTA DEL SOL ENERGY S.A. DE C.V.

4.12.2.3 CARTA DE OFERTA ECONÓMICA



Energía ilimitada al alcance de sus manos

Sr. Hugo Cardoza
Teléfono: 7792-6242
Correo electrónico: hugomusic85@yahoo.es

PROPUESTA ENERGIA SOLAR

La libertad, El Salvador
Reciba un cordial saludo en nombre de Del Sol Energy SA de CV, y los deseos de éxitos constantes en sus actividades.


DEL SOL ENERGY, es una compañía que nace con la visión de diseminar y masificar proyectos industriales, residenciales y de negocios basados en la energía solar como forma alterna de resolver las necesidades energéticas.

En DEL SOL ENERGY diseñamos, dimensionamos, comisionamos, e instalamos sistemas fotovoltaicos en sus tres modalidades: aislados de la red, de inyección a la red, e híbridos.

Atendiendo a su solicitud, presentamos a usted cotización de suministros y equipo fotovoltaico con base a requerimientos de parámetros eléctricos planteados

Cualquier consulta o comentario de los mismos, quedamos a su total disposición.

Esta propuesta consiste en sistema híbrido, con banco de baterías, y sistema de transferencia automática a la red eléctrica, diseñado exclusivamente para iluminación de 5 aulas, 3 pantallas led de 42" y 2 proyectores.



Tel.: 2289-9073
Info@delsolenergy.net • www.delsolenergy.net

Figura 59. Carta de oferta económica Del Sol Energy S.A. de C.V.

4.12.2.4 Propuesta de DEL SOL ENERGY

DEL SOL ENERGY SA DE CV				
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		TOTAL
6	Paneles solares de 275 watt	\$275.00		\$1,650.00
1	CC de carga de 75 Amp			\$354.86
1	Inversor de corriente outback			\$2,405.45
8	Baterías de 100 Amp/h-12 Vcc	\$200.00		\$2,012.50
20	Terminal de entallar	\$2.65		\$53.00
20 mts	Cable paw N° 2	\$4.90		\$98.00
1	Banco para montaje de baterías	\$75.00		\$75.00
3	Automato de 60 Amp/2p	\$25.90		\$77.70
1	Automato de 16 Amp/2p	\$13.50		\$13.50
2	Térmicos de 15 amp/1p	\$4.30		\$8.60
1	Barra cooper well de 5/8 x 8	\$13.25		\$13.25
1	Cinta aislante super 33	\$4.60		\$4.60
1	Caja plexo de 4x6 para exterior	\$13.95		\$13.95
7	Cañuelas para montaje de paneles	\$17.05		\$119.35
2	Tubos conduit de ¾	\$5.40		\$10.80
1	Cuerpo conduit LB	\$2.95		\$2.95
1	Canaleta plástica de 3 plg.	\$23.50		23.50
20 mts	Cable eléctrico N° 10	\$0.85		\$17.00
12	Abrazaderas conduit de ¾	\$0.10		\$1.20
12	Tornillo goloso para abrazadera	\$0.06		\$0.72
1	Barrilla todo rosca de 5/8	\$10.50		\$10.50
20	Perno de 3/4x3	\$0.20		\$4.00
1	Barra de zicaflex	\$6.50		\$6.50
12	Anclas de ¾ plasticas	\$0.95		\$0.95
12	Tornillo gris para concreto	\$0.06		\$0.72
20	Pernos de ¾ x 2	\$0.20		\$4.00
10	Terminal bimetálica	\$1.00		\$10.00
10	Perno exagonal de 1 plg	\$0.12		\$1.20
20	Mts de cable desnudo N° 8	\$1.00		\$20.00
1	Tablero de sobreponer de 6	\$16.90		\$18.40
52	TUBO LED SERIE UL 4FT 2800LM AC100-277	\$9.65		\$501.80
1	Instalación del sistema	\$650.00		\$650.00
			Sumas	\$8,184.00
			IVA	\$1,063.92
			Total	\$9,247.92

Figura 60. Propuesta de Del Sol Energy S.A. de C.V.

4.13 ASIGNACIÓN DEL PROYECTO A LA EMPRESA DEL SOL ENERGY S.A. DE C.V.

Tres empresas ofertaron y se recibieron dos presupuestos, el primero por parte de las empresas Green Energy, S.A. de C.V. (ALBATECH) Y EPC Regional, S.A. de C.V., (probablemente se fusionaron) por un monto de \$13,197.06, la cual fue descartada por considerarse demasiado elevada, sus técnicos realizaron la respectiva visita técnica y estimaron que el presupuesto solo cubría el sistema de luces. El segundo fue el de la empresa Del Sol Energy S.A. de C.V., por un monto de \$9,247.92. Estimando sus técnicos ambos sistemas (luces y audiovisual), siendo esta última la empresa seleccionada por presentar la mejor oferta.

4.13.1 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

4.13.2 CAMBIO DE PANELES POLICRISTALINOS POR MONOCRISTALINOS (MISMA POTENCIA).

04/01/2019. El viernes 04 de enero, reunidos con personal de la empresa Del Sol Energy S.A de C.V., se revisaron los parámetros de los dispositivos elegidos y cotizados, esto con el fin de dejar en firme lo acordado o hacer cualquier cambio que mejorara la calidad y rendimiento de los dispositivos, comunicando que se podía optar por cambiar los paneles policristalinos, por paneles monocristalinos de la misma potencia, sin afectar el presupuesto original de \$275 por panel, lo que se aprobó posteriormente previa autorización de las autoridades de la Universidad, pues los paneles monocristalinos habían sido descartados precisamente por el costo, algo que detuvo en un primer momento el inicio del montaje.

4.13.3 CAMBIO DE BATERÍAS OPTIMA GEL (50 AH) POR BATERÍAS TROJAN MONOBLOCK (100 AH)

11/01/2019. En una segunda reunión realizada el viernes 11 de enero, en el local tres de la Universidad (UTLA), se continuó con la revisión de los datos del equipo que ofertó la empresa Del Sol Energy S.A de C.V., se encontró en la revisión de parámetros del equipo ofertado, que las baterías de Gel, tenían una capacidad de 50 A/h-12 Vcc, y no 100 A/h-12 Vcc como se especificaba en los cálculos del diseño, lo que debía de corregirse. Con las mismas baterías, significaba un incremento de 8 baterías más, cuyo precio unitario era de \$251.56 y total de \$2012.12. Por lo que se acordó revisar una contraoferta la cual consistía en incorporar al diseño las baterías de monoblock marca Trojan SCS150, 100 A-12 V, cuyo precio unitario era \$315.00; propuesta que fue aprobada posteriormente.

4.13.4 AUTORIZACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Luego de una segunda reunión con las autoridades de la Universidad (UTLA) en el mes de febrero, donde se expuso el cambio de los paneles solares, baterías y las características técnicas del inversor seleccionado, el cual realiza la transferencia automática en el cambio de suministro de energía sin necesidad de hacerlo de manera manual, y habiendo analizado las especificaciones técnicas de los nuevos dispositivos; se obtuvo la autorización para iniciar con el montaje del sistema solar fotovoltaico.

4.13.4 READECUACIÓN DE CIRCUITOS Y CAMBIO DE LUMINARIAS FLUORESCENTES



Figura 61. Readecuación de circuitos y cambio de luminarias fluorescentes

Fecha 18/02/2019 – 19/02/2019. En horas de la mañana del día lunes 18 de febrero, se dio inicio al proyecto según lo acordado, comprendiendo la primera fase, el reordenamiento de los circuitos eléctricos, para separar el sistema de luces y tomas de corriente que alimentan el equipo audio visual, de los tomas de corriente que funcionarían alimentados por la red eléctrica tradicional.

El montaje del proyecto sería monitoreado también por el encargado de mantenimiento de la Universidad (UTLA), con quien debíamos coordinar las actividades a realizar. El ordenamiento de los circuitos finalizó el día martes 19 de febrero, quedando distribuidos los circuitos de la siguiente manera: 03 circuitos de luces y 01 circuito de tomas de corriente alimentados por el sistema fotovoltaico, y 02 circuitos de tomas de corriente

alimentado por la red, también se realizó el cambio de luminarias fluorescentes por luminarias de tecnología led.

4.13.5 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DE LOS PANELES SOLARES.

4.13.5.1 INSPECCIÓN DEL TECHO Y LEVANTAMIENTO DE MEDIDAS.

26/02/2019. El martes 26 de febrero, se realizó la inspección formal del techo donde colocaría la estructura en la cual se fijarían los 6 paneles solares, estableciendo a su vez un cambio en la orientación de los paneles, lo cuales en el diseño original estarían orientados de Sur a Norte, sin embargo; se estableció que para un mejor aprovechamiento de la radiación solar, se colocarían Orientados de Oriente a Poniente, debido a que existe una zona verde en un edificó cercano y ubicado al Oriente, donde algunos árboles afectan con su sombra la radiación que recibirían los paneles solares.



Figura 62. Inspección del techo

4.13.5.2 Corte y Perforación de las partes.

El lunes 04 de marzo del presente año, se dio inicio a la construcción del soporte de los paneles solares, para ello se trasladó el material hasta el local 3 de la Universidad (UTLA), para construir la estructura de acuerdo al diseño, para explicar mejor el procedimiento, se realiza la siguiente exposición fotográfica paso a paso donde se muestra como se armó y montó la estructura, cortando cada una de las partes previo a confirmar las medidas según diseño, utilizando para ello una sierra metálica y broca de $\frac{1}{2}$ para perforar.



Figura 63. Corte y perforación de las partes de la estructura

4.13.5.3 UNIÓN Y MONTAJE DEL SOPORTE SOBRE EL TECHO.

Las partes de la estructura se unieron usando varillas de 3/8 de pulgada toda rosca y se fijó al techo, usando el mismo tipo de varilla, entrelazado con riel strut en cada polín, impermeabilizando cada perforación con Sellante tapagoteras “Sika”, para evitar así las filtraciones.

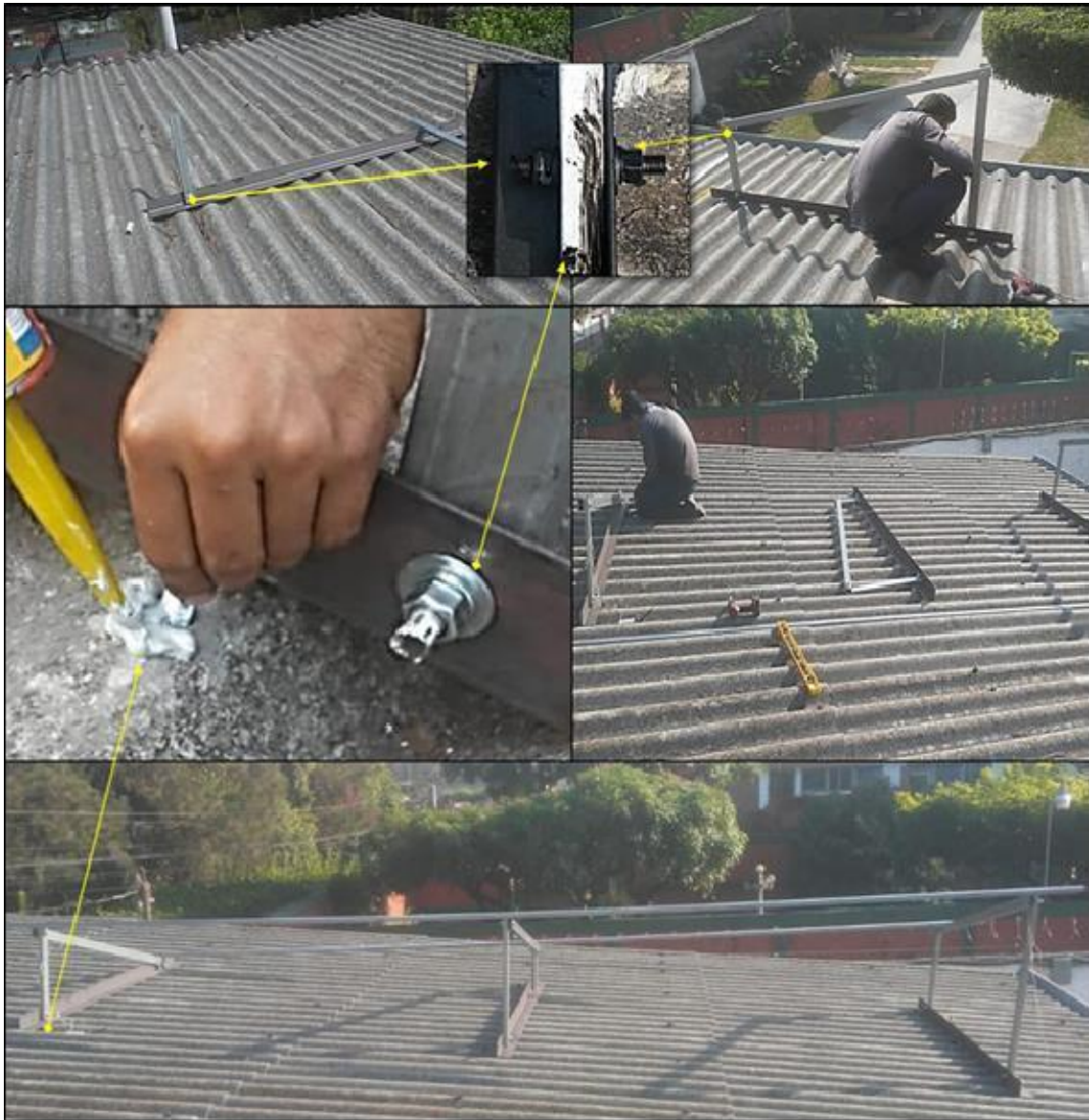


Figura 64. Unión y montaje del soporte sobre el techo.



Figura 65. Montaje de los paneles solares sobre el soporte en el techo.

Montaje del sistema de paneles solares.

Los paneles solares se fijaron a la estructura utilizando 10 sujetadores tipo “T” (abrazadera mediana a panel de energía solar fija en sistema de estantería solar) y 4 sujetadores finales, cortando las partes de la estructura y comprobando el ángulo de inclinación de los paneles utilizando el dispositivo de Medidor de irradiancia Solar Survey 200R”, cuya lectura fue de 13° respecto al Norte (ángulo de inclinación) y 2° respecto al Sur (ángulo de orientación.)

4.13.5.4 CONEXIÓN DE LOS PANELES SOLARES, DISPOSITIVOS Y CONDUCTORES UTILIZADOS.

Al finalizar el montaje y fijación de los paneles solares en la estructura, se realizó la conexión de los módulos fotovoltaicos, los cuales uno a uno se fueron conectando en serie- paralelo, utilizando para ello conectores MC4. Después se realizó el cableado hasta los dispositivos de protección, regulador o controlador de carga, banco de baterías e inversor con conductor THHN N° 4 y para ello se fijaron los conductores que venían de los paneles (Calibre #12) con cinchas plásticas y se empalmaron en una caja de conexiones de 5x5", en tubo galvanizado de 1", bajando del techo a la caja de protecciones por medio de un cuerpo LB conduit de 1".



Figura 66. Conexión de los paneles solares, dispositivos y conductores utiliza

4.13.6 MONTAJE DEL BANCO DE BATERÍAS, EQUIPO DE REGULACIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

4.13.6.1 INSPECCIÓN DEL LUGAR DONDE SE COLOCARÍA EL BANCO DE BATERÍAS Y DEMÁS DISPOSITIVOS.

26/02/2019. El martes 26 de febrero, se realizó inspección del lugar donde se acordó colocar el banco de baterías y demás dispositivos, para establecer las medidas que tendría la estructura del banco, y ubicación final de cada uno de los dispositivos (Inversor, regulador de voltaje, protecciones etc.). Aunque en un principio se pensó colocar los dispositivos en el interior del aula A-5, se descartó la opción al tomar en consideración, el riesgo que representaba para los alumnos y la posible manipulación por parte de los mismos, lo que afectaría el respaldo que representa la garantía del equipo, siendo esas las razones por las que se optó por instalar el banco de baterías y demás dispositivos, en una pequeña bodega ubicada al costado Sur del aula A-5.

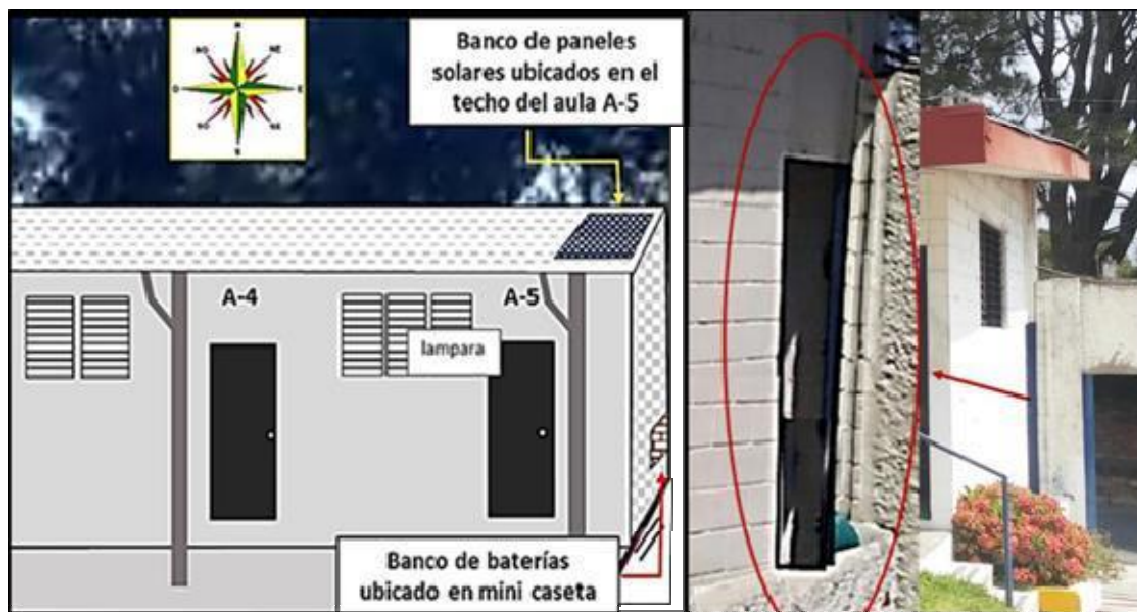


Figura 67. Ubicación de banco de baterías cuarto de control - costado sur del Aula A-5).

4.13.6.2 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y BANCO DE BATERÍAS.

La estructura del banco de baterías, se construyó utilizando piezas angulares de 1x1 pulgada, y tubo rectangular 2x1 de pulgada, uniendo las partes con soldadura eléctrica, teniendo las siguientes dimensiones: 50 cm de alto, 30 cm de ancho y 77 cm de largo, ubicando el primer nivel del banco de baterías a 15 cm del piso y con una separación entre la primera fila de 10 cm. Cada batería tiene las siguientes dimensiones: Dimensiones: Longitud: 28.6 cm, ancho: 17.1 cm, altura: 24.8 cm, la estructura se construyó en las instalaciones de la empresa Del Sol Energy S.A de C.V., y la baterías se interconectaron usando terminal de ojos para cables # 4 AWG., en una conexión serie - paralelo.

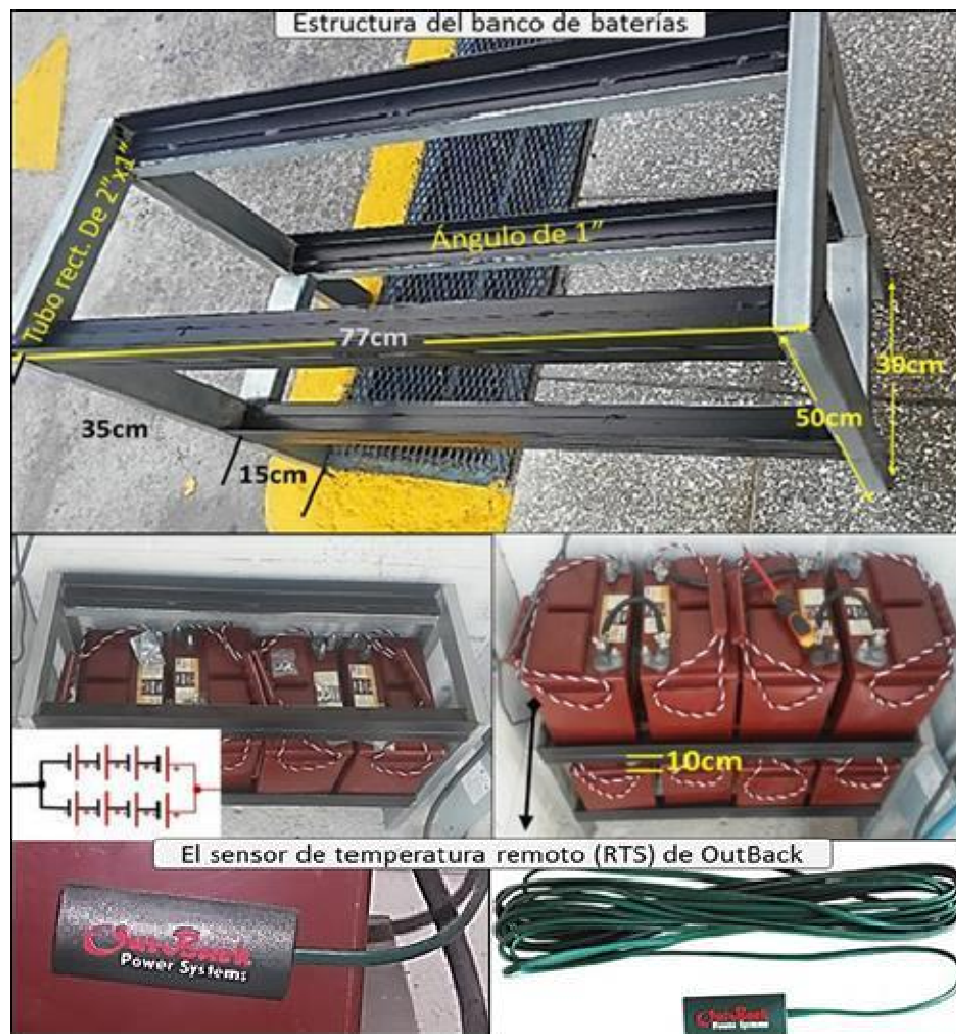


Figura 68. Estructura y banco de baterías.

4.13.7 REVISIÓN FÍSICA Y TÉCNICA DEL EQUIPO A INSTALAR.

Previo a instalar el equipo, se recibió formalmente y se revisaron los datos técnicos de los mismos y así comparar los datos con lo ofertado; se verificó que el proveedor suministró el equipo correcto, procediendo posteriormente con la fase del montaje, que consistió en anclar el equipo a las paredes (inversor, controlador de carga, cajas de protecciones, programador).



Figura 69. Dispositivos de regulación, control y protección.

4.13.8 FIJACIÓN A LA PARED DEL EQUIPO DE REGULACIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Los dispositivos se anclaron a la pared usando una Broca de 3/8 de pulgada de diámetro, anclas de expansión y tornillos de 3/8 x 2 pulgada, a excepción del banco de baterías.



Figura 70. Fijación del equipo de regulación, control y protección a la pared.

4.13.9 CONEXIÓN DEL INVERSOR A LA CARGA Y A LA RED COMO RESPALDO.

Internamente el Inversor trae seis puntos para su interconexión, siendo uno de los mejores en el mercado por su calidad y funciones, OUTBACK POWER suministra energía a la carga conectada en las terminales: AC HOT OUT Y AC NEUTRAL OUT, las cuales en este caso se conectaron al interruptor termomagnético de 30A, utilizando conductor #8 THHN AWG. Debido a que el diseño original del proyecto exigía que se suministrara energía de manera ininterrumpida a la carga, las terminales “AC HOT IN y AC NEUTRAL IN” se conectaron a la red para que el mismo funcione como interruptor de transferencia de CA, utilizando para ello conductor #8 THHN AWG. Las terminales CHASSIS GROUND se unieron usando conductor # 10 THHN AWG.

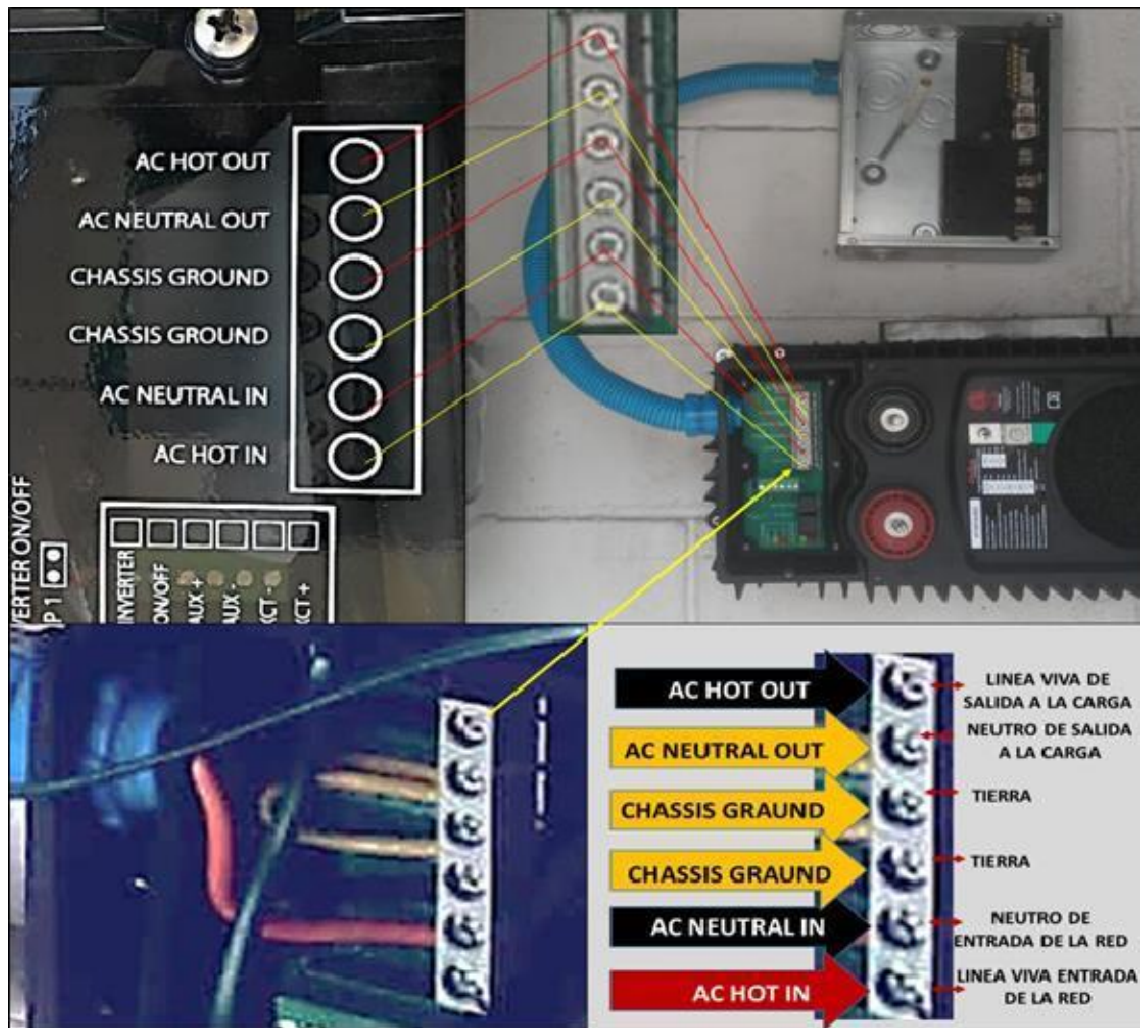


Figura 71. Conexión del inversor.

4.13.10 INTERCONEXIÓN DEL EQUIPO Y MATERIAL UTILIZADO.

La interconexión del equipo que conforma el sistema fotovoltaico se realizó de la siguiente manera:

- 1.** Se conectaron los paneles solares al controlador de carga, utilizando para ello dos conductores THH calibre 4 AWG (color rojo), y un tercer conductor calibre 10 AWG (color negro) que se utilizó como puesta a tierra del sistema, estos se hicieron llegar desde la caja de conexiones hasta la caja de autómatas a través de un tubo Galvanizado de 1".
- 2.** La caja conteniendo 03 interruptores termomagnéticos de 63 amperios, se utilizó para las protecciones de paneles solares a controlador, de controlador a baterías, y de baterías a inversor.
- 3.** Luego de conectar los 2 conductores THH calibre 4 AWG que venían desde el sistema de paneles solares al primer interruptor termomagnético de 63 amperios, se conectaron al controlador de carga, introduciendo los mismos en una canaleta plástica de 3 pulgadas para su protección.
- 4.** Para conectar el controlador de carga al banco de baterías, se utilizaron dos conductores PV calibre 4 AWG, conectando como protección un segundo interruptor termomagnético de 63 amperios, estos también se colocaron en una canaleta plástica de 3".
- 5.** El banco de baterías al inversor, se conectó utilizando dos conductores WPV calibre 4 AWG, y como protección utilizamos el tercer autómata de 63 amperios.
- 6.** La caja de un circuito, se utilizó para la protección principal de la demanda conteniendo 1 interruptor principal de 30 amperios.
- 7.** Luego la segunda caja de 4 circuitos, se utilizó como protección de la carga alimentada por el sistema fotovoltaico, distribuyéndolos de la siguiente manera: tres interruptores de 15 amperios para protección de igual número de circuito de luces y un interruptor de 20 amperios, para la protección de equipo audio visual.
- 8.** Para protección mecánica y aislamiento físico de los conductores THHN # 8 AWG que conectan el inversor y las cajas de protecciones, se utilizó un tubo conduit flexible de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

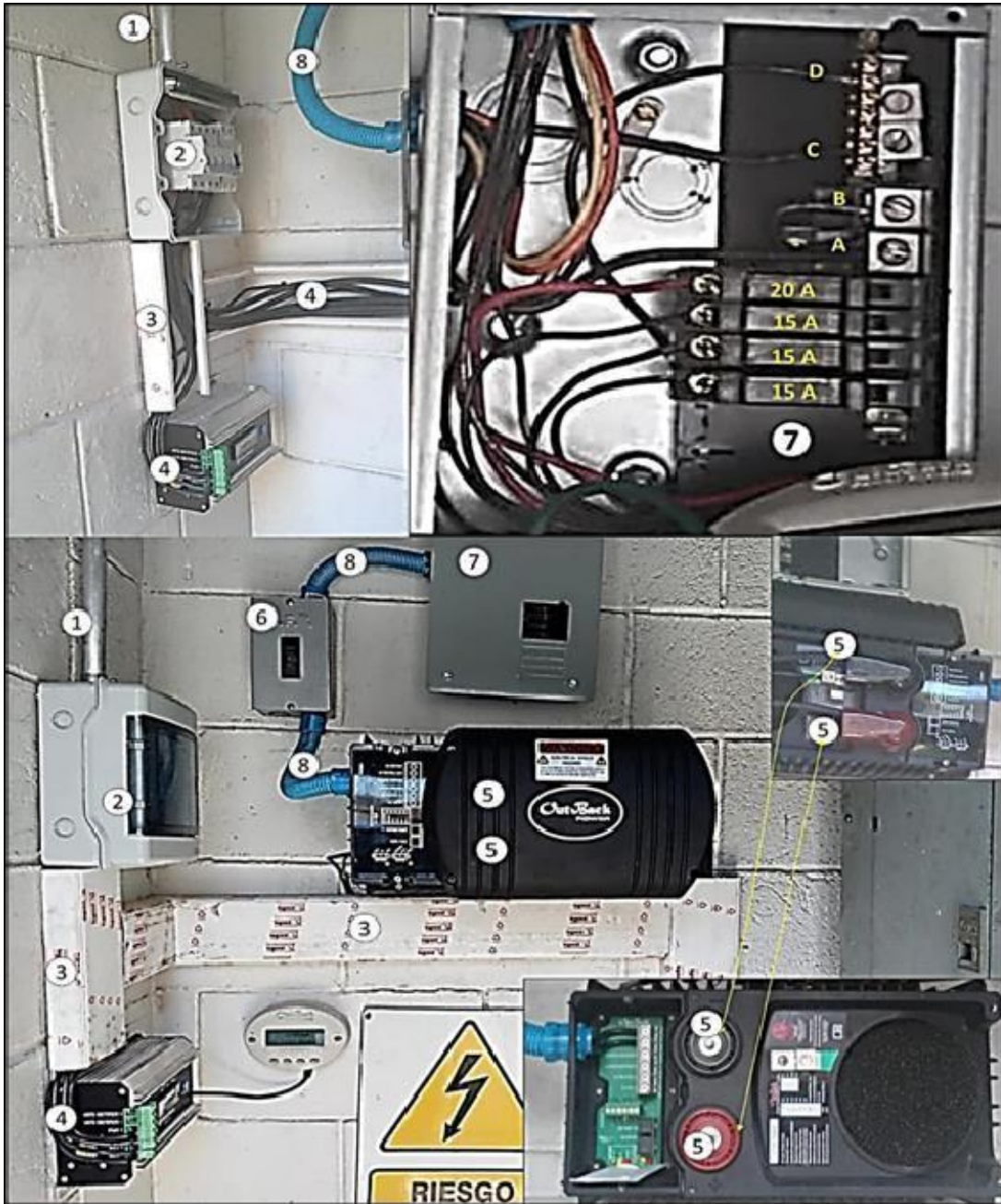


Figura 72. Interconexión del equipo

4.14 PRUEBAS DEL SISTEMA

Una vez finalizada la construcción y montaje del sistema fotovoltaico, se realizaron las respectivas pruebas al sistema, con el fin de confirmar mediante instrumentos de medición, el rendimiento y buen funcionamiento del equipo instalado.

4.14.1 PRIMERA ETAPA - SUPERVISIÓN, PRUEBAS Y MEDICIONES. (TÉCNICO DE EMPRESA Y ALUMNOS)

En la primera etapa de supervisión, prueba y mediciones del sistema, se verificó el buen funcionamiento del equipo instalado, y se realizaron las siguientes mediciones eléctricas.

4.14.1.1 MEDICIÓN DEL VOLTAJE DEL SISTEMA DE PANELES SOLARES Y VOLTAJE DE CARGA DE LAS BATERÍAS.

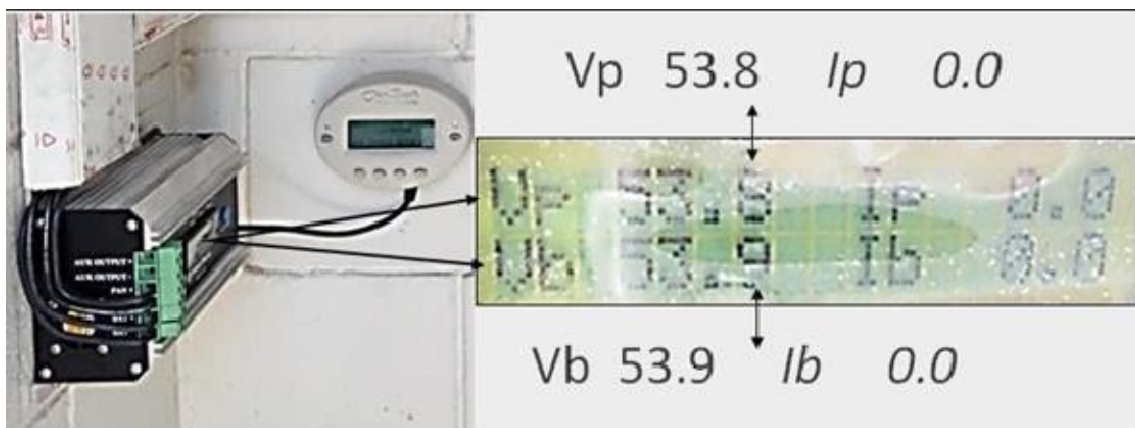


Figura 73. Controlador de carga MPPT75HV.

Al iniciar con la etapa de pruebas de la instalación fotovoltaica, se revisaron las mediciones de los equipos, en este caso inició verificando la pantalla de lectura en el controlador de carga, obteniendo ahí los valores siguientes: Voltaje de sistema de paneles solares V_p 53.8 voltios, voltaje de carga de las baterías V_b 53.9.

4.14.1.2 FALLA DETECTADA: INCOMPATIBILIDAD ENTRE EL REGULADOR DE CARGA MPPT75HV Y EL INVERSOR.

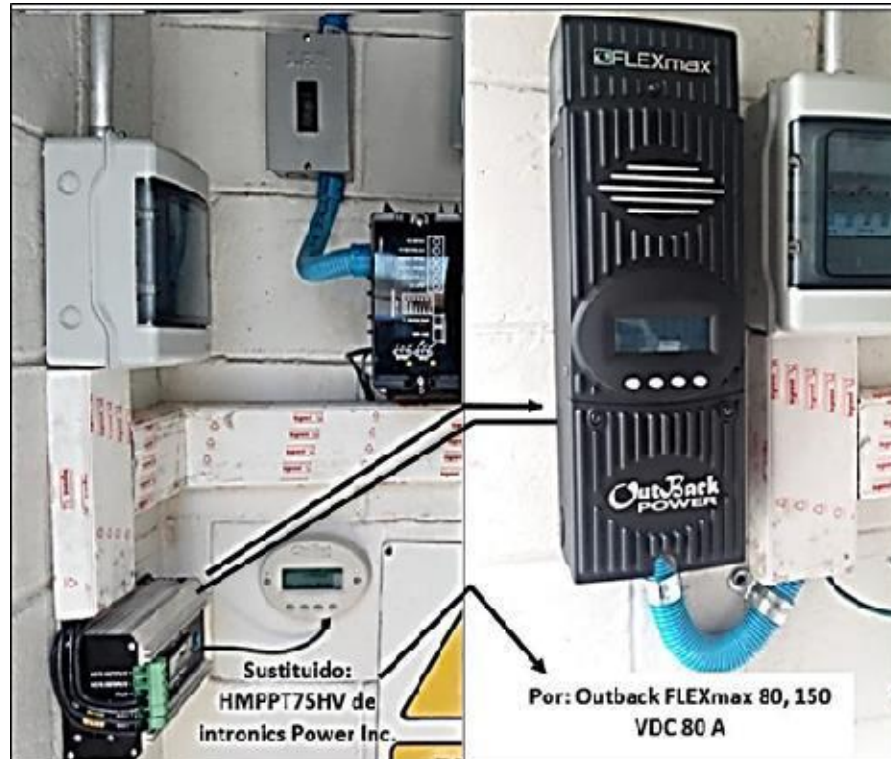


Figura 74. Controlador MPPT75HV sustituido por Controlador FLEXmax 80 A.

Siendo el regulador de carga el dispositivo encargado de controlar permanentemente el estado de carga del banco de baterías, y de regular la intensidad de la carga suministrada para prolongar la vida útil de las baterías, evitando que se produzcan sobrecargas o descargas demasiado profundas, para garantizar su óptimo rendimiento; sin embargo, se observó que el controlador de carga solar MPPT75HV de Intronics Power, no interactuaba con el inversor, comprobando posteriormente al ampliar la información, que es un controlador que funciona con inversores totalmente aislados, y no está diseñado para interactuar con inversores conectados a la red.

Según el fabricante contactado por la empresa ofertante, el mismo si era compatible con el proyecto que originalmente no contemplaba la red como respaldo del sistema, pero al momento de las pruebas se comprobó que no era compatible con el proyecto,

por lo que se tuvo que modificar debido a que las aulas no podían quedarse sin el suministro de energía, y Santa Tecla es una zona donde en época de invierno se experimenta abundante nubosidad, lo que se traduce en baja generación por parte del sistema de paneles.

4.14.1.3 FALLA DETECTADA: CAMBIO DE MATE1 POR MATE3.



Figura 75. MATE1 sustituido por MATE3.

Con respecto al MATE, el problema que se detectó es que el MATE1 no lograba actualizar el inversor, porque el inversor que adquirimos traía un software más actualizado, lo que impedía la programación del inversor, por ello fue necesario adquirir un nuevo MATE, seleccionando para el caso el “MATE3”, el cual es el modelo más reciente de Out Back, para realizar la programación del inversor, algo que también se hizo sin alterar el presupuesto original.

4.14.2 SEGUNDA ETAPA: SUPERVISIÓN, PRUEBAS Y MEDICIONES - ABRIL 2019.

Solventadas las fallas encontradas en una primera fase de supervisión, pruebas y mediciones en el sistema, se procedió a realizar una segunda fase, con el fin de detectar nuevas fallas o comprobar que el equipo funcionaba perfectamente, procediendo a así realizar las siguientes pruebas y mediciones:

4.14.2.1 MEDICIONES EN CONTROLADOR DE CARGA JUEVES 04/04/2019. 13:33 PM.

Se revisaron las lecturas en la pantalla del regulador de carga, a las 13:33 horas; cuando se experimenta radiación solar alta, observando las siguientes mediciones:

A: Voltaje producido por el sistema de paneles 56.8 Voltios, **B:** Salida de voltaje del regulador de carga hacia el banco de baterías 52.2 Voltios, **C:** Amperaje de salida del controlador al banco de baterías 1.4 amperios, **D:** Amperaje de producción 1.2 A, **E:** Potencia del sistema actual 0.070 KW, **F:** Producción de energía acumulada diaria 2.7 KWH, **G:** Estado de carga de la batería Flota.

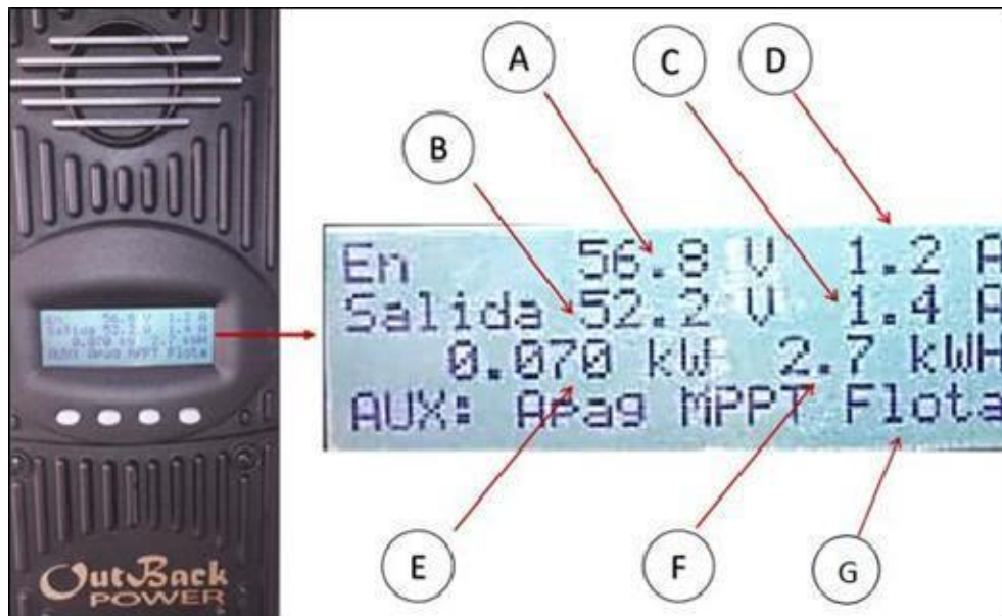


Figura 76. Lectura de medidas en pantalla del controlador de carga MPPT75HV

4.15 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMADOR MATE3 Y SUS PRINCIPALES INDICADORES.

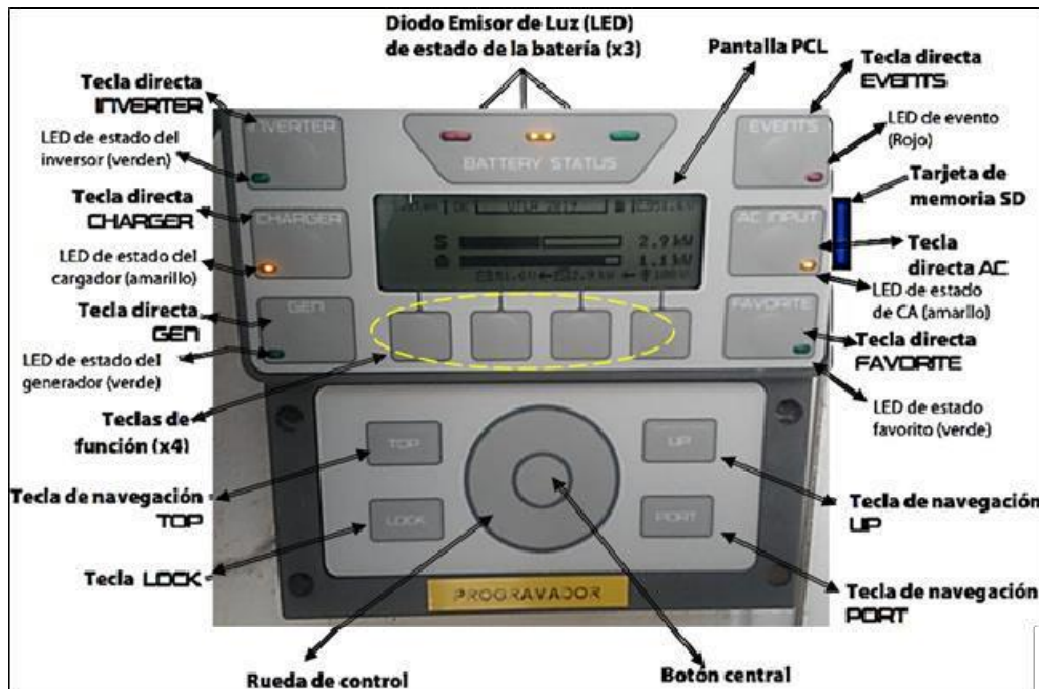


Figura 77. Indicadores en el programador MATE3.

4.15.1 EXPLICACIÓN DE LOS LED COMO INDICADORES DEL ESTADO EN EL MATE3.

BATTERY STATUS (led del estado de las baterías):

Los tres LED indican el estado de las baterías, así el led verde encendido Indica que la condición de las baterías es aceptable aunque no siempre que sea una carga completa, podríamos decir que la carga de las baterías estaría por un 80%; el led amarillo encendido Indica que las baterías están un poco descargadas entre 60% y 70%; el led rojo encendido Indica que las baterías están muy descargadas, una carga menor al 60%.

INVERTER (led del inversor):

Led verde: Este led indica el estado de operación del inversor, cuando el led permanece encendido sin parpadear (led on), indica que el inversor está convirtiendo la CC en CA, para alimentar el sistema de luces y equipo audiovisual, pero cuando se encuentra intermitente (led parpadeando), indica que se encuentra en modo de búsqueda, y así

cuando se encuentra completamente apagado (led off), indica que no hay conversión de energía.

CHARGER (led del cargador):

Led amarillo: Este led indica el estado del cargador de las baterías, el led amarillo encendido (led on), indica que el controlador de carga está entregando más que la cantidad mínima de energía de carga, cuando parpadea (led parpadeando), indica que las baterías se están compensando y cuando se apaga (led off), indica que ningún dispositivo está cargando las baterías.

GEN (led del generador):

Led verde: Este led da una referencia del estado del generador, el led encendido (led on), indica que el generador está funcionando después de recibir un comando ON en el menú Generator Status, en ese momento el MATE3 determina que el generador está funcionando de acuerdo con el voltaje de CA, generalmente se enciende junto con el LED AC INPUT. Si el led está apagado (led off), indica que el menú Generator Status, el mismo se configuro en OFF. Si el generador se desconecta o deja de entregar energía, este LED permanecerá encendido hasta que se declare un fallo del generador. LED de eventos (rojo).

EVENTS (led de eventos):

Led rojo: El led de eventos (led rojo), indica que se debe poner atención a un evento, generalmente este led se enciende sólo cuando ocurre un fallo, cuando enciende sin parpadear (led on), y señala que ocurrió un error, generalmente cuando esto sucede, se desconecta el inversor, también puede indicar un fallo en el sistema que está generando. Cuando el led se pone intermitente (led parpadeando), indica que sucedió una advertencia y cuando permanece apagado (led off), no indica nada en particular.

AC IN PUT (led de entrada de AC):

Led amarillo: Indica el estado de la entrada de AC, cuando permanece encendido (led on), señala que la fuente de AC está conectada y suministrando energía; pero cuando

está intermitente (led parpadeando), que la fuente está presente pero no ha sido aceptada, si permanece apagado (led off), entonces indica que no se ha detectado ninguna fuente de AC.

FAVORITE (led de favoritos):

LED VERDE: Este led indica el uso de esta tecla directa para seleccionar menús de uso frecuente para un acceso rápido, cuando led esta encendido (led on), señala que se pulso la tecla directa y se puede seleccionar un favorito, pero cuando esta intermitente (led parpadeando), que se mantuvo apretada la tecla directa para programar un favorito; si el led permanece apagado (led off), no indica Ningún estado en particular, ya que el led de favoritos solo se ilumina cuando se pulsa la tecla directa.

4.16 TOMA DE LECTURAS EN PANTALLA PCL DEL PROGRAMADOR MATE3.

Producción total del sistema: jueves 04/04/2019. 16:05 PM. Donde “A” es la pantalla PCL del MATE3, cuya función principal es la medición total del sistema de paneles solares, en ella observamos las siguientes lecturas:

B: Es la medición del voltaje que llega al banco de baterías 48.8V.

C: Representa inyección – consumo o compra de la red.

D: Demanda del sistema, para el caso 1.0KW.

E: Voltaje de demanda.

F: Es la medición que efectuamos con un multímetro digital en la entrada del banco de baterías, obteniendo una medición de 48.822 Voltios

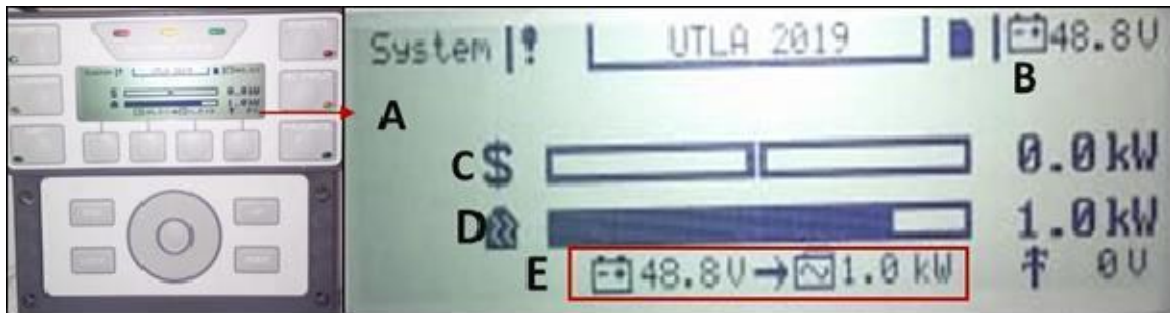


Figura 78. Lecturas en pantalla de programador MTE3 y medición con multímetro.

Para corroborar las lecturas que se reflejan en la pantalla PCL del MATE3, se realizaron mediciones usando un multímetro, y como se puede apreciar en Figura 78, la medición del voltaje del banco de baterías fue de 48.822VDC., misma que se refleja en la pantalla del MATE3 con 48.8VDC, lo que confirma la exactitud de las mediciones.

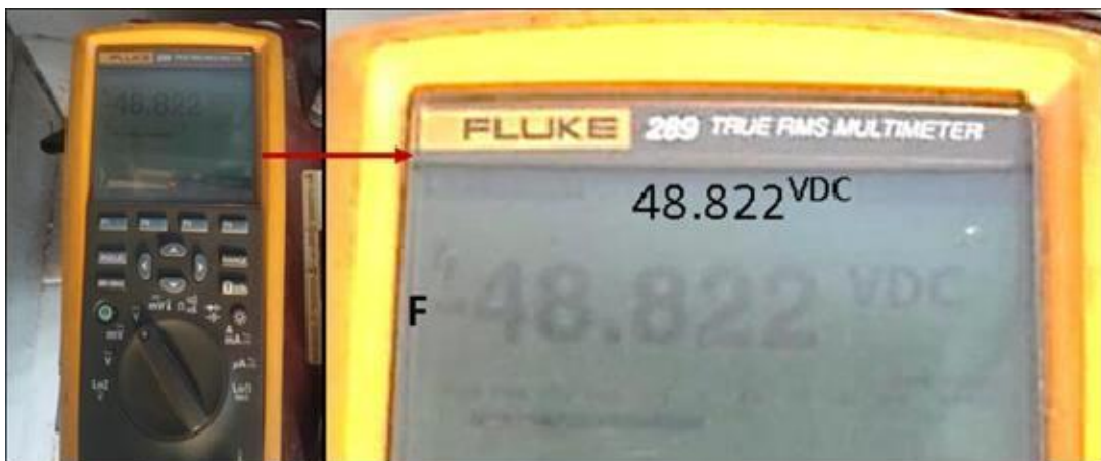


Figura 79. Medición de voltaje en banco de baterías usando un multímetro.

4.17 TERCERA ETAPA: SUPERVISIÓN, PRUEBAS Y MEDICIONES.

El día lunes 22 de abril, se realizó la tercera etapa de Supervisión, pruebas y mediciones del sistema, realizando en esta etapa, algunas pruebas al sistema y revisión de lecturas tanto del MATE3, como del controlador de carga, para posteriormente supervisar la estructura de los paneles solares fijada sobre el techo; esta etapa fue acompañada por el Director de Escuela

de la facultad de Ingenierías quien al finalizar realizó las siguientes recomendaciones:

- Verificar que el sistema fotovoltaico genere mientras haya radiación solar de manera permanente.
- Asegurarse que la red entre como backup o respaldo únicamente.
- Pintar los cortes en las cañuelas con pintura galvanizada para evitar la corrosión
- Pintar pernos con pintura galvanizada para evitar la corrosión
- Cambiar cinchas blancas por cinchas negras.
- Colocar sellador a cajas en el techo.

Señalizar los equipos

- Colocar diagrama de conexión del sistema

4.17.1 CORRECCIÓN DE LAS OBSERVACIONES REALIZADAS POR LAS AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD (UTLA) AL PROYECTO.

El martes 23 de abril, se realizaron las siguientes correcciones:

- Se colocó pintura galvanizada a los cortes realizados en cañuelas y ángulos, así como a los pernos con los que se unió la estructura.
- Se cambiaron todas las cinchas plásticas blancas por cinchas plásticas de color negro.
- Se colocó sellador
- sika sellador en los contornos de la caja de conexiones y del Cuerpo LB conduit de 1 ambos colocados sobre el techo, con el fin de evitar filtraciones.
- Se eliminó empalme en la barra de polarización.
- Se etiquetó cada uno de los equipos dentro del cuarto de control y se colocó el diagrama del sistema.

En cuanto a la generación y respaldo de la red, se explicó que la generación del sistema es permanente, siempre y cuando haya radiación solar, así mismo que la red entra única y exclusivamente como respaldo.

4.17.2 SUPERVISIÓN DE CORRECCIONES POR PARTE DE LAS AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD (UTLA).

El día miércoles 24 de abril, en compañía del Director de Escuela de la facultad de Ingenierías, se procedió a verificar en horas de la tarde el cumplimiento de las recomendaciones, con el fin de superar las mismas y tener así la aprobación de las autoridades de la Universidad (UTLA), para finalizar los trámites legales que garantizan la finalización y aprobación del proyecto; recibiendo al final del recorrido, la aprobación de las correcciones.



Figura 80. Acciones realizadas para corregir las observaciones de la supervisión.

4.18 PRUEBA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA, CONSUMO E INGRESO DE LA RED COMO RESPALDO

El día jueves 06 de junio de 2019, se realizaron pruebas al sistema fotovoltaico con la finalidad de verificar los niveles de generación, y el comportamiento del sistema cuando la carga se encuentra funcionando en su totalidad (sistema de luces y equipo audiovisual), monitoreando el comportamiento del voltaje del banco de baterías.

Aunque originalmente la información sería presentada en un álbum fotográfico, se descartó esta modalidad debido a que se hubiese utilizado demasiado espacio y dificultado su comprensión, por lo que se optó por diseñar un gráfico de línea de tiempo, que facilitara la presentación de las lecturas de la pantalla PCL (Pantalla de cristal líquido) del MATE3 y del controlador de carga, para las cuales se creó una imagen equivalente que presenta las lecturas en una forma compresible, compacta y completa.

Presentación de la imagen equivalente para la pantalla del MATE3.

La figura 81 muestra al lado izquierdo, la fotografía tomada al MATE3, observando en ella lecturas como: Voltaje que generado por el sistema de paneles solares, voltaje del banco de baterías, demanda del sistema, etc.

Al lado derecho se presenta la imagen equivalente que se diseñó con el fin de mostrar los mismos datos, pero en una forma más compresible y fácil de colocar en el gráfico de línea de tiempo.

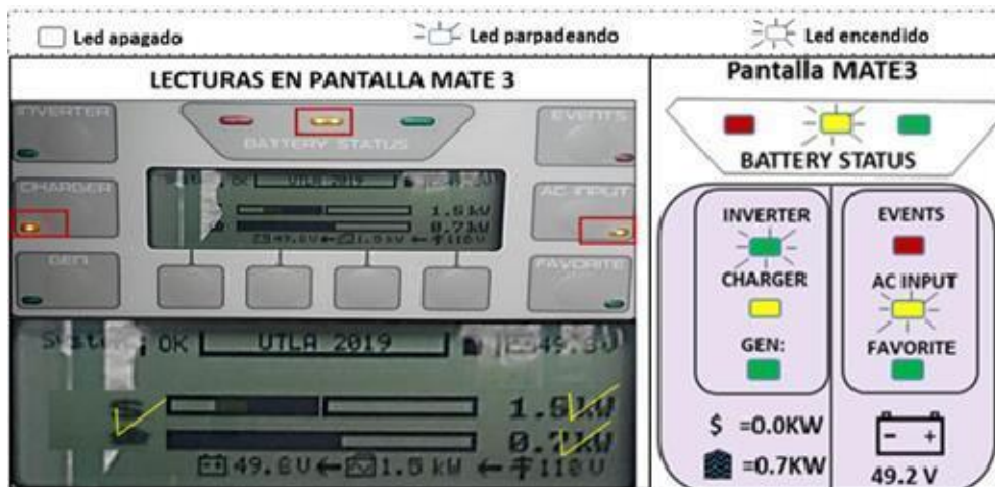


Figura 81. Representación gráfica para Pantalla de MATE3.

Presentación de la imagen equivalente para la pantalla del controlador de carga.

La figura 82 muestra al lado izquierdo, la fotografía tomada a la pantalla del controlador de carga, observando en ella lecturas como: Voltaje de entrada, voltaje de salida, amperaje del controlador de carga al banco de baterías, amperaje de producción, etc. Al lado derecho se presenta la imagen equivalente que se diseñó con el fin de mostrar los mismos datos, pero en una forma más comprensible y fácil de colocar en el gráfico de línea de tiempo.

Lecturas en pantalla de controlador de carga	Equivalente
En 38.3 V 0.0 A	EN 38.3 A 0.0 A
Salida 49.0 V 0.0 A	SALIDA 49.0 V 0.0 A
0.000 kWh 1.1 kWh	0.0 kWh 1.1 kWh
AUX: Aps9 Inactivo	

Figura 82. Representación gráfica para Pantalla del controlador de carga.

4.18.1 MEDICIONES DE GENERACIÓN Y COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA EN UN DÍA NUBLADO.

4.18.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS LED EN LA IMAGEN EQUIVALENTE A LA PANTALLA DEL MATE3

Con la finalidad de presentar los datos de la pantalla del MATE3 en la gráfica de línea de tiempo, se diseñó una imagen equivalente (figura 81), siendo necesario ampliar la información acerca de los led como indicadores del sistema, para una mejor comprensión de las pruebas a realizar, por lo que se amplía dicha información en la siguiente imagen (figura 83), la cual puede ser complementada al leer la descripción del programador MATE3 y sus principales indicadores (figura 77).

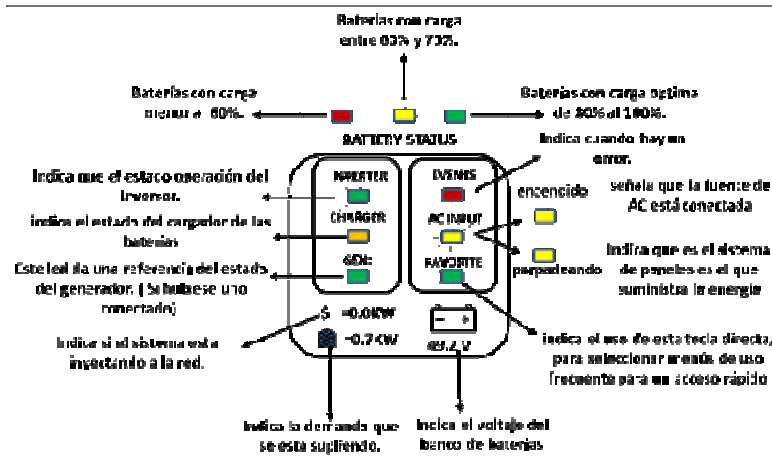


figura 83. Descripción de los led para imagen equivalente a la pantalla del MAT3.

4.18.1.2 GRÁFICA 1. COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA EN UN DÍA NUBLADO – GRÁFICA

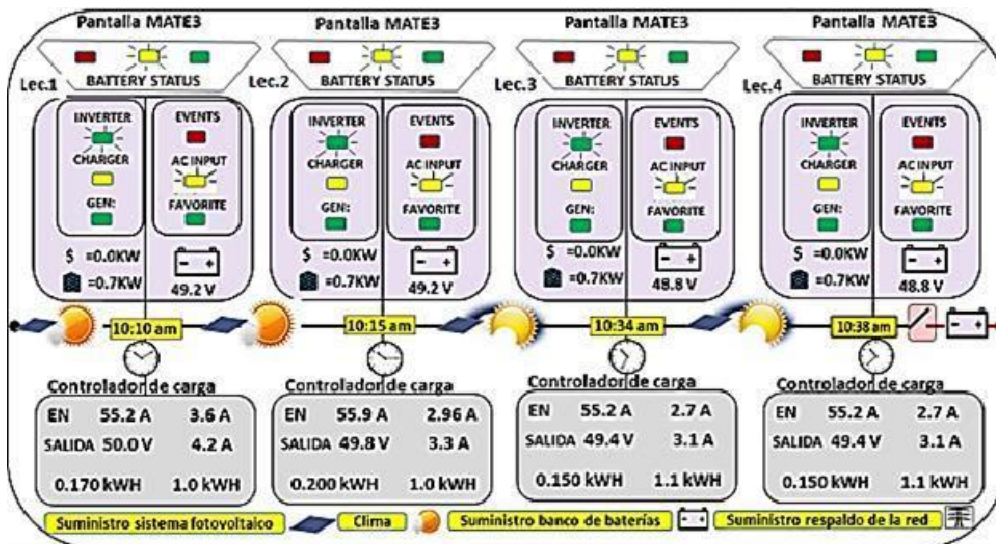


Figura 84. Gráfica que muestra el funcionamiento del sistema fotovoltaico

Gráfica 1.

En la parte superior de la figura 83, se puede apreciar la representación gráfica de la pantalla del MATE3, que muestra el estado del banco de baterías (BATTERY STATUS) y los led como indicadores del inversor, carga, generador, eventos, entrada de AC y favoritos; en la línea de tiempo se muestra la imagen de un panel solar y un sol, ambas figuras representan la radiación, generación y nubosidad al momento que se tomaron las lecturas.

En la parte inferior está la representación gráfica de la pantalla del controlador de carga, donde se aprecian lecturas como: Generación del sistema de paneles, salida de voltaje al banco de baterías entre otras, así mismo se especifica al final si está suministrando la energía el banco de baterías o la red. A las 10:10 am, se iniciaron las pruebas con las lecturas del MATE3 y controlador de carga, en ese momento y durante los siguientes cinco minutos, el sistema de luces y equipo audiovisual permaneció apagado hasta las 10:15 am, cuando se encendieron todas las luces y el equipo audio visual, periodo en el cual la nubosidad comenzó a afectar la generación al disminuir la radiación solar.

El led amarillo del centro (BATTERY STATUS) encendido, indicaba que el voltaje del banco de baterías estaba entre el 60% y 70% de su capacidad. Las lecturas posteriores del MATE3 realizadas entre las 10:10 am y 10:38 am, fueron de 49.2V y 48.8V, esto debido a la baja generación del sistema y el consumo de la carga, mientras que la lectura del controlador de carga indicó que se pasó de producir 50.0V a 49.4V, impactando directamente el amperaje de salida, debido a que el sistema de luces y equipo audiovisual se activó a las 10:15 am y a las 10:38 am, se desconectó la generación de los paneles solares, suministrando energía únicamente el banco de baterías.

4.18.1.3 Gráfica 2. Mediciones sin generación fotovoltaica y con el banco de baterías alimentando la carga.

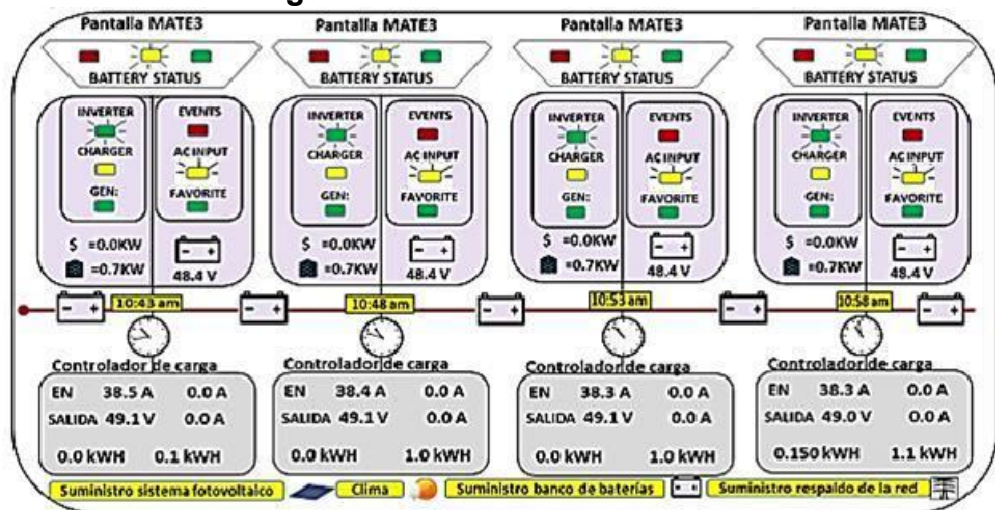


Figura 85. Gráfica que muestra la carga siendo alimentada por el banco de baterías.

Gráfica 2

Con el corte de la generación fotovoltaica que alimenta el banco de baterías desde el controlador de carga, continuamos revisando las mediciones cada 5 minutos, con el fin de observar el comportamiento del banco de baterías y el voltaje al cual ingresaba la red como respaldo del sistema. Así el voltaje del banco de baterías según lectura del

MATE3, se mantuvo durante los 20 minutos en 48.4V; pero el voltaje de salida paso de 49.1 V a 49.0 V.

4.18.4 GRÁFICA 3. TRANSFERENCIA ENTRE EL BANCO DE BATERÍA Y LA RED.

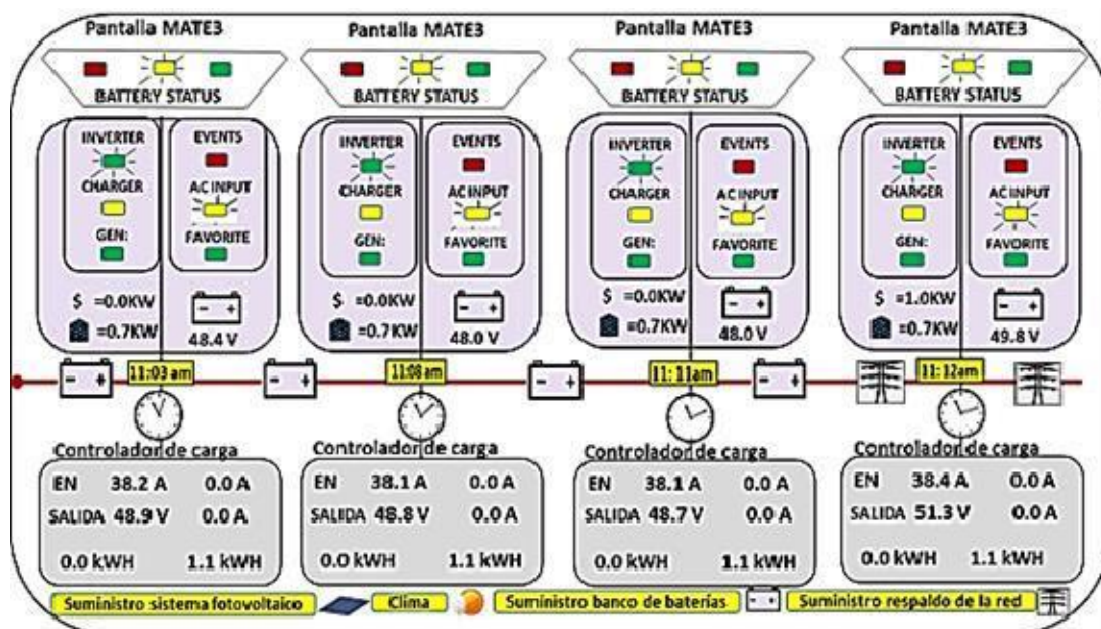


Figura 86. Gráfica que muestra el tiempo de transferencia entre banco de baterías y la red.

Gráfica 3.

De las 10:58 a las 11:03, transcurrieron 5 minutos y el voltaje del banco de baterías continuo de 48.4 V, pero en los siguientes 5 minutos (de 11:03 a 11:08 am), el voltaje disminuyó a 48.0 V, que es el voltaje mínimo del banco de baterías, manteniéndose así durante 3 minutos más (de 11:08 am a 11:11 am); sin embargo, en los siguientes segundo, entró la red a cargar el banco de baterías, lo que no se pudo observar por la

rapidez con que se da la transferencia, incluso observando las luces detenidamente, fue imposible detectar el momento del cambio, pero a las 11:12 am ya se podía observar el ingreso de la red, mientras el voltaje en el banco de baterías pasó inmediatamente de 48.0 V a 49.8 V, confirmando con esta serie de pruebas el excelente funcionamiento del sistema de paneles solares, inversor, controlador de carga, banco de baterías, y el ingreso de la red como respaldo.

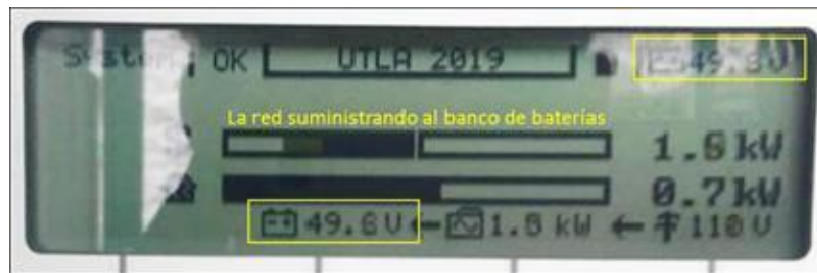


Figura 87. Pantalla del MATE3. 11:12 am. 49.8. Ingresó la red.

4.18.1.5 GRÁFICA 4. TRANSFERENCIA ENTRE EL BANCO DE BATERÍA Y LA RED – SISTEMA DE PANELES COMO RESPALDO DE LA RED.

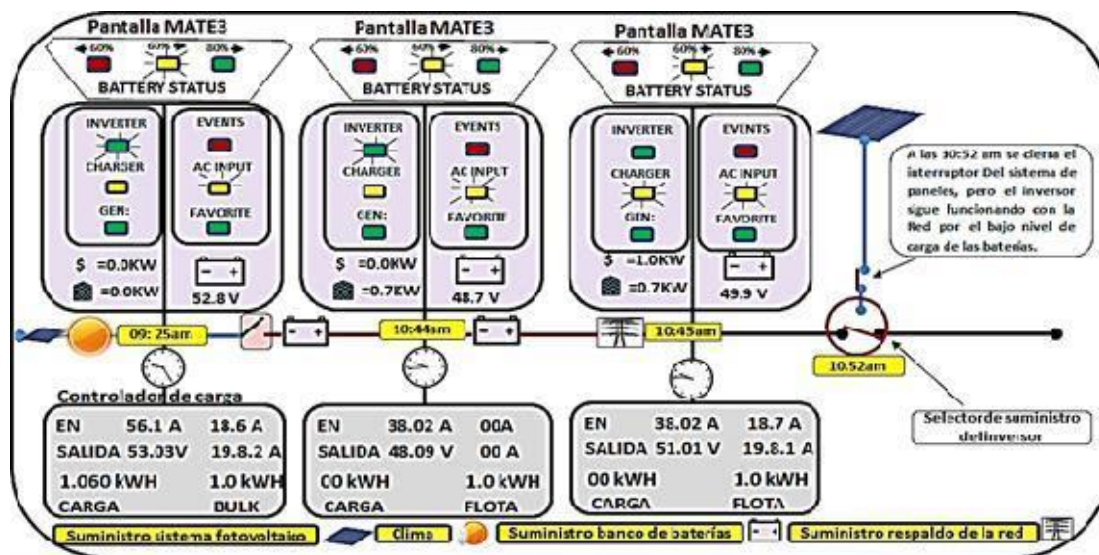


Figura 88. Gráfica que muestra la transferencia entre el banco de baterías y la red.

Gráfica 4.

Al finalizar la primera etapa de pruebas (Gráfica 1, 2 y 3), se pudo comprobar que el sistema de paneles solares generaba correctamente y que la generación variaba según la radiación solar que en ese momento se veía afectada por la nubosidad. Siendo

necesaria la realización de las mismas pruebas en un día soleado, se desarrollaron las mismas pruebas pero cuando la radiación solar era estable y el cielo lucía despejado; en esta ocasión, no solo se repetirían las pruebas anteriores, sino que se comprobaría el retorno del suministro de energía por parte del sistema fotovoltaico.

A las 09:25 am (ver gráfica 4), se dio inicio a las pruebas con la desconexión del sistema de paneles solares, se encendieron las luces y el equipo audiovisual (100% de la carga) y el banco de baterías suministró energía hasta las 10:44 am (1 hora 19 minutos), momento en que entró la red como respaldo (entre las 10:44 am y 10:45 am), con menos tiempo de carga que la vez anterior, pero con mayor nivel de generación por la abundante radiación solar, la carga del bando de baterías duró mucho más tiempo que la vez anterior (49 minutos más). A las 10:52 am, se conectó nuevamente el sistema de paneles solares, pero el selector inteligente del Inversor mantuvo la red cargando el banco de baterías, debido al bajo nivel de carga de las baterías, así el sistema de paneles solares estuvo presente pero como respaldo de la red.

4.18.1.6 GRÁFICA 5. TRANSFERENCIA ENTRE LA RED Y EL SISTEMA DE PANELES SOLARES

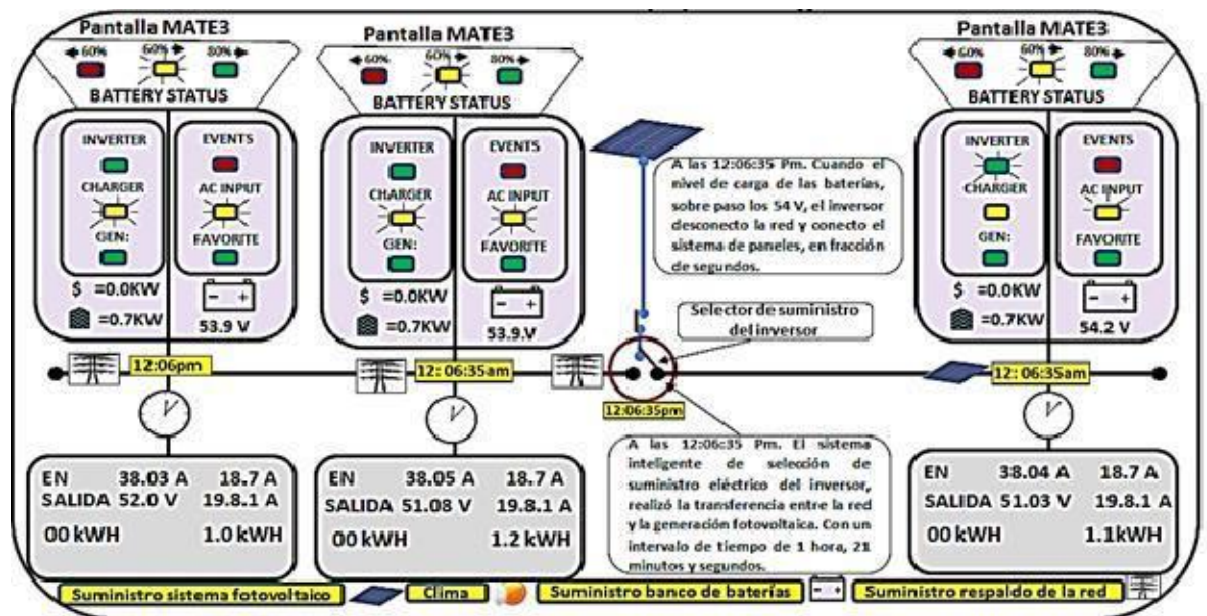


Figura 89. Gráfica que muestra el tiempo de transferencia entre red y la generación fotovoltaica.

Gráfica 5.

Tal como se esperaba y se comprobó en la prueba anterior (Ver grafica 4 de pruebas), aunque el sistema de generación fotovoltaica se conectó de nuevo a unos minutos de la transferencia entre el banco de baterías y la red, el inversor protegió el banco de baterías manteniendo el suministro de energía de la red debido a que la carga del banco de baterías era baja en ese momento. Quedando pendiente en las pruebas anteriores la transferencia entre la red y el sistema de generación solar, es decir el reingreso de la generación fotovoltaica, se continuaron las pruebas observando lo siguiente: A las 12:06 pm, el voltaje del banco de baterías alcanzaba los 53.9 voltios, habían transcurrido entonces 1 hora y 21 minutos desde que había ingresado la red (10:45 am).

Entre las 12:06:35 y las 12:06:36, el selector inteligente del inversor realizó de nuevo la transferencia, pero esta vez de forma inversa, es decir que el sistema de generación fotovoltaico que permanecía como respaldo ingreso de nuevo a suministrar energía y la red pasó a ser el respaldo del sistema, esto sucedió cuando el voltaje del banco de baterías sobrepaso los 54 voltios, porque mientras está conectado a la red eléctrica de la empresa de servicios, el cargador FXR puede encenderse o apagarse automáticamente. Si se enciende el cargador, el inversor procederá a realizar el ciclo de carga completo en las baterías. Al alcanzar la etapa de flotación, el inversor se desconectará de la red eléctrica.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones de los Resultados

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones de los resultados.

Conclusiones

- El sistema solar fotovoltaico aislado, se diseñó con el fin de suministrar energía al sistema de luces led y equipo audiovisual instalado en el edificio “A”, aulas “A-1, A-2, A-3, A-4 y A-5”, local 3 de la Universidad Técnica Latinoamérica, aprovechando de esta manera el recurso inagotable de la luz del sol, tomándose en cuenta parámetros tales como la demanda del sistema de luces y equipo audiovisual, horas uso, consumo de energía, irradiancia y condiciones climatológicas del lugar entre otras, determinándose así las características técnicas requeridas para los componentes del sistema.
- La construcción del sistema se realizó con el equipo suministrado por la empresa que ganó la licitación privada (Del Sol Energy). Se inició con la verificación y comprobación de las características técnicas del equipo recibido, se continuó con el montaje y conexión de este. Finalizado el montaje, se hicieron una serie de pruebas del correcto funcionamiento del equipo instalado, confirmando la operatividad con equipo de medición especializado tales como: Medidores angular digital GLM100, Piranómetro SOLAR INSTALLATION PV150 (equipos para la instalación, reparación y puesta en marcha de sistemas solares fotovoltaicos), DATA LOGGER SOLAR SURVEY 200R (Medidores de irradiancia solar multifunción), multímetro digital FLUKE 289.

Recomendaciones.

- Es necesario realizar un mantenimiento adecuado del sistema con el fin de garantizar el buen funcionamiento del equipo y prolongar su tiempo de vida.
- Es conveniente, proporcionar al personal de mantenimiento de la UTLA que pueda estar involucrado, cursillo de capacitación con alguna empresa de experiencia en el ramo.
- Mientras se logra esto, se recomienda contratar servicios de mantenimiento externo.

Para poder ejecutar el mantenimiento se recomienda:

- Desconectar interruptor de 30 amperios Para eliminar carga.
- Desconectar interruptor de Ac In del inversor.
- Desconectar interruptor de paneles.
- Desconectar interruptor de inversor.
- Desconectar Interruptor de baterías.

Al finalizar el mantenimiento para activar de nuevo el sistema se recomienda:

- Conectar Interruptor de baterías.
- Conectar interruptor de inversor.
- Conectar interruptor de paneles.
- Conectar interruptor de Ac In del inversor.
- Conectar interruptor de 30 amperios para habilitar energía a la carga.

Recomendaciones de mantenimiento del sistema fotovoltaico:

Aunque el mantenimiento de un sistema solar no es complicado ni requiere de mucho tiempo, es necesario realizarlo adecuadamente con el fin de garantizar el buen funcionamiento del equipo y prolongar el tiempo de vida útil del mismo, para ello es necesario realizar una serie de acciones que garanticen no solo el mayor rendimiento del sistema, sino evitar fallas y costos asociados a estas. Por lo anterior, se establecen algunas actividades encaminadas a realizar el mantenimiento, que se debe dar a la instalación solar fotovoltaica que hemos desarrollado como proyecto de graduación, respetando el contenido de la literatura relacionada con el cuidado de instalaciones solares

y las recomendaciones de los fabricantes y técnico de la empresa Del Sol Energy S.A de C.V.

Generalmente el mantenimiento del equipo es realizado por una entidad externa o por el propietario del proyecto, para este caso en particular el mantenimiento estará a cargo del personal de mantenimiento de la Universidad (UTLA), personal muy capacitado; sin embargo, cuando el equipo presente alguna falla, será el personal de la empresa quien deberá revisarlo a efecto de hacer efectiva cualquier garantía, por lo anterior no está demás establecer el tipo de mantenimiento que requiere el equipo y la periodicidad con que se debe realizar.

Mantenimiento del sistema de paneles solares:

El mantenimiento preventivo del sistema se realizará con el fin de evitar fallas o averías en el equipo, principalmente en los que requieren de mantenimiento constante como el sistema de paneles solares y el banco de baterías, para ello se deberá realizar las siguientes acciones:

1. Limpieza de paneles solares:

- Mantenerlos libre de polvo, para ello es recomendable limpiarlos cada dos o tres meses dependiendo la necesidad, la limpieza se debe realizar utilizando únicamente agua, y un escurridor.
- Eliminar todo tipo de bichos y telas de araña que generalmente se alojan en los paneles por el calor.
- Realizar una inspección visual de los paneles para corroborar que no haya sufrido daños (cristal de protección roto) por factores externos (como objetos contundentes).
- Realizar de ser posible, la toma de medidas de temperatura en los paneles utilizando una cámara termografía infrarroja, con las cuales ya cuenta la universidad (UTLA), para garantizar que la temperatura sea similar en todas partes y no haya puntos fuera del rango de temperatura, reflejando así una falla en la estructura interna del panel.

- Chequear el estado de las conexiones para verificar si no hay acumulación de sulfatación en los contactos, oxidación en los circuitos o soldaduras de las células por la humedad, falso contacto en los cables o nudos, si se detecta este problema se debe corregir inmediatamente, ya que las conexiones se pueden cortar por el calentamiento de las partes; si hay suciedad limpiar.
- Revisar la temperatura de las conexiones mediante cámara termografía infrarroja, comprobando que ninguna sobrepase los 60°, si esto sucede hay que cambiar la conexión.
- Las tareas de limpieza se realizarán en la mañana o en la tarde cuando la radiación solar es menor, y no durante las horas de mayor radiación, con el fin de evitar cambios bruscos entre el agua y el panel solar.

Mantenimiento de la estructura de los paneles solares (cada año).

- Realizar una inspección de la estructura para garantizar que se encuentre en perfectas condiciones, que no presente deformaciones o daños en las uniones (pernos flojos).
- Comprobar la fijación de los paneles solares a la estructura.
- Verificar que la fijación de la estructura al techo se encuentre en perfecto estado.
- Comprobar que la pintura galvanizada colocada en los cortes está en perfecto estado y no hay presencia de óxido en los cortes.

Mantenimiento de caja de conexiones y Cuerpo LB conduit (cada año).

- Verificar que no presente deterioro por estar expuesta a los factores externos
- Revisar que los tornillos y fijación de esta están en correcto estado
- Destapar y revisar el estado de los nudos y aislamiento.
- Es recomendable comprobar la temperatura de conexiones mediante cámara termográfica infrarroja.
- Sellar la caja de conexiones con sika (sellador tapa goteras), luego de revisar las conexiones internas.

Mantenimiento de los dispositivos de protecciones en el cuarto de control (cada año).

- Comprobar que la carcasa no presente daños
- Verificar el correcto anclaje a la pared
- Verificar el estado de las conexiones internas, si es necesario apretar los tornillos
- Realizar una inspección de los autómatas verificar correcto funcionamiento de los dispositivos de protección.
- Es recomendable comprobar la temperatura de conexiones mediante cámara termográfica infrarroja.

Mantenimiento del inversor.

Los inversores no solo son los equipos de mayor costo, sino los más delicados de la instalación fotovoltaica, por lo que su mantenimiento debe realizarse con mayor cuidado y atención, la frecuencia depende de factores ambientales como temperatura, polvo, humedad etc., En Santa Tecla donde la temperatura promedio ronda los 23 °C, el mantenimiento es el siguiente:

Cada mes.

- Limpiar polvo, telarañas y bichos alojados en la carcasa.

Cada seis meses.

- Desconectar el inversor y asegurarse que no haya tensión, por el riesgo eléctrico.
- Revisar estado de etiquetas de advertencia del mismo.
- Limpieza o recambio de los filtros de entrada de aire.
- Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.
- Revisar la toma a tierra.

Cada año.

- Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.
- Comprobar cubiertas y funcionamiento de bloqueos.
- Limpiar el inversor tomando medidas pertinentes como su desconexión por el riesgo eléctrico.
- Revisar la firmeza y condición de todas las conexiones del cableado eléctrico, en caso de ser necesario, cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados

- Revisar la firmeza del anclaje a la pared del inversor.
- Verificar si el aislamiento o los bornes presentan decoloración o alteraciones de otro tipo
- Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y poner atención si se escucha algún ruido.
- Es recomendable comprobar la temperatura de conexiones mediante cámara termográfica infrarroja.

Mantenimiento del controlador de carga.

La simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas, sin embargo, no por eso deja de necesitar mantenimiento, por lo que se recomienda:

- Realizar durante el mantenimiento del resto del equipo, una inspección visual del estado y funcionamiento del regulador.
- Comprobar el estado de las conexiones y el cableado.
- Verificar si las lecturas de la pantalla coinciden con las mediciones realizadas con un multímetro.
- Revisar las etiquetas.
- Mantenimiento del banco de baterías.

Generalmente los principales problemas que se generan alrededor de un banco de baterías están relacionados directamente con la falta de mantenimiento y monitoreo de este, por lo que se recomienda:

- Mantener la ventilación adecuada en el cuarto de control donde se encuentra el banco de baterías.
- Verificar que las terminales de las baterías tengan un correcto torque de apriete, sobre todo porque un torque mayor puede quebrar el poste y uno menor, provocar falsos contactos y puntos de calentamiento que pueden fundir el cable o el poste de la batería.
- Revisar que no haya corrosión: Las terminales y los postes de las baterías, los cuales deben estar limpios y libres de corrosión.

- Chequear el nivel de ácido de las baterías cada dos meses, si les hace falta líquido, aplicar agua desmineralizada.

Realizar una limpieza cada tres meses a todo el banco de baterías para evitar la acumulación de polvo.

Otras Recomendaciones.

- Es recomendable mantener limpio el cuarto de control del sistema.
- Mantener con llave el cuarto de control, para evitar que curiosos puedan manipular los controles del equipo.
- No manipular ningún equipo ante una falla técnica, ya que se corre el riesgo de perder la garantía de los equipos.
- Llevar un libro de bitácoras de mantenimiento, donde se detalle el estado de los componentes revisados, indicando las operaciones de mantenimiento que se realizaron, y detallar si se realizó el cambio de algún componente, dejando anotada.
- Las sugerencias para mejorar el funcionamiento y mantenimiento del equipo.

GLOSARIO

Ángulo de inclinación: Es el ángulo que forma una recta con el eje x. La medida del ángulo se toma en sentido contrario a las agujas del reloj.

Ángulo de Orientación: Es la amplitud de rotación o giro que describe un segmento rectilíneo en torno de uno de sus extremos tomado como vértice desde una posición inicial hasta una posición final. Si la rotación es en sentido levógiro (contrario a las manecillas del reloj), el ángulo se considera positivo. Si la rotación es en sentido dextrógiro (conforme a las manecillas del reloj), el ángulo se considera negativo.

Artículo 690 del NEC (National Electrical Code): Es el artículo que establece las reglas para los sistemas PV (por las siglas en ingles de Photovoltaic).

Batería o acumulador: Es un dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica.

Carga de un sistema de distribución de energía eléctrica: es la parte terminal del sistema que convierte la energía eléctrica a otra forma de energía.

Consumo de energía: Es la cantidad de energía utilizada.

Cotización: Es la acción o efecto de cotizar algo, algunas, muchas o pocas cosas. Aquel documento o información que el departamento de compras usa en una negociación. Precio de una acción o de un valor que cotiza en bolsa o en un mercado económico

Demanda eléctrica de un sistema: La intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar. Ese lapso se denomina intervalo de demanda, y su indicación es obligatoria a efecto de interpretar un determinado valor de demanda.

Diseño: Es la expresión de una idea que soluciona de forma innovadora un problema concreto y sirve de guía para llevarlo a la práctica, es decir, para construirlo y evaluarlo.

Efecto fotovoltaico: Es el efecto fotoeléctrico caracterizado por la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente que están en contacto y expuestas a la luz o, en general, a una radiación electromagnética

Eficiencia energética: Comúnmente se le conoce y/o entiende como la aplicación de técnicas tecnológicas para realizar el mismo trabajo con menor consumo de energía; o bien, realizar más trabajo, tareas con la misma energía.

El National Electrical Code (NEC), o NFPA 70: Es un estándar de adopción regional para la instalación segura de cableado eléctrico y equipos en los Estados Unidos . Forma parte de la serie de Códigos de Incendios Nacionales publicada por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), una asociación comercial privada. [1] A pesar del uso del término "nacional", no es una ley federal. Por lo general, es adoptado por los estados y los municipios en un esfuerzo por estandarizar su cumplimiento de prácticas eléctricas seguras. [2] En algunos casos, el NEC se modifica, se altera y hasta se puede rechazar en lugar de las regulaciones regionales según lo votado por los órganos de gobierno locales.

Energía Renovable: Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Equipos de medida: Conocidos como contadores, son dispositivos de medición que se ubican entre el inversor y la red, con el fin de cuantificar la energía que inyecta a la red y la energía consumida (cuando no hay radiación solar), aunque solo suelen usarse en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, también se pueden usarse en instalaciones aisladas.

EREA: Iniciativa para la Energía Renovable en las Américas.

GLM 100 C: medidor de distancias y ángulos laser marca BOSH GLM 100.

Inversor: Dispositivo que tiene la función de convertir la corriente directa o continua de bajo voltaje (12V o 24V), producida por el sistema solar fotovoltaico, en corriente alterna, elevando el voltaje a valores iguales a los suministrados por las distribuidoras locales (120V-

240V), con el fin de utilizar dicha energía en las viviendas para alimentar electrodomésticos, iluminación etc.

Irradiancia: magnitud representada por el cociente entre la potencia (la energía por unidad de tiempo) y el área que recibe la radiación, para su medición se utilizan las unidades kWh/m²/día y kWh/m²/año.

Lámpara: Dispositivo que transforman una energía eléctrica o química en energía lumínica. Desde un punto de vista más técnico, se distingue entre dos objetos: la lámpara es el dispositivo que produce la luz, mientras que la luminaria es el aparato que le sirve de soporte.

Módulo fotovoltaico (panel o colector solar): Es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad. Según estos dos fines podemos distinguir entre colectores solares, que producen agua caliente (generalmente de uso doméstico) utilizando la energía solar térmica, y paneles fotovoltaicos, que generan electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre las células fotovoltaicas del panel.

NASA POWER Data Access Viewer: Página Web de la NASA, que permite obtener parámetros relacionados con la meteorología y la energía solar formulados para evaluar y diseñar sistemas de energía renovable.

Parámetro: Elemento o dato importante desde el que se examina un tema, cuestión o asunto.

Pliego de condiciones: Documento en que se exponen las condiciones a las que deben sujetarse las dos partes que formalizan un contrato.

Proyecto: En ingeniería se dice que un proyecto es el conjunto de cálculos, especificaciones y dibujos que sirven para construir un aparato o sistema.

Regulador de carga: Es el dispositivo que se encarga de administrar de forma eficiente la energía hacia las baterías prolongando su vida útil, La función de éste regulador entre otra finalidad, es la de cargar de forma óptima la batería, evitando para ello la sobrecarga de las mismas.

SIGET: Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones.

Sistema de protecciones: son aquellos que se utilizan en los sistemas eléctricos de potencia para evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla

que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada

Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red: Consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional.

Sistema solar fotovoltaico aislado: También conocido como sistema tipo isla, es un sistema de generación de corriente sin conexión a la red eléctrica que proporciona al propietario energía procedente de la luz del sol, trabaja con paneles fotovoltaicos, regulador de carga, baterías e inversor.

Sistema solar fotovoltaico: Es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica (DC)

Survey 200R: Medidor de irradiancia solar multifunción Solar

US/CEREU: Consejo de Exportación de Energía Renovable de los Estados Unidos.

Uso de la energía: Es la forma o tipo de aplicación de la energía, por ejemplo: ventilación, iluminación, refrigeración, transporte, procesos, líneas de producción, etc.

CAPÍTULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sánchez, Miguel Ángel. Energía solar Fotovoltaica Limusa Mx. 2008.

Enriquez Harper, Gilberto El ABC de las instalaciones Eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos Limusa Mx. 2014.

Enriquez Harper, Gilberto. Instalaciones y Sistemas fotovoltaicos Limusa Mx. 2014.

Perales Benito, Tomas. Instalación de paneles solares térmicos Limusa 2008.

Calculation solar - Hora solar pico - Fecha de consulta 12/2018 - En línea:

<http://calculationsolar.com/blog/wp-content/uploads/2013/04/figura16.jpg>

Aula fácil - Tipos de irradiancia - Fecha de consulta 12/2018 – En línea:

<https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica-1/irradiacion-solar-directa-e-indirecta-l37815>

aulafacil.com - Instalaciones conectadas a la red – Fecha de consulta 01/2019 - En línea:

<https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica/instalaciones-conectadas-a-red-l37008>

snet.gob.sv - Boletín Climatológico, Octubre 2016 - Pág. 15 y 16 – Fecha de consulta 12/2018 En línea:

<http://www.snet.gob.sv/UserFiles/meteorologia/climatico102016.pdf>

docplayer.es – Actualización de mapa de radiación solar - pág. 201 – Fecha de consulta 12/2018 - En línea:

<https://docplayer.es/40256729-Actualizacion-del-mapa-de-radiacion-solar-de-el-salvador.html>

Nasa.gov – Latitud y Longitud – Fecha de consulta 01/2019 - En línea:

<https://pwg.gsfc.nasa.gov/stargaze/Mlatlong.htm>

areatecnologia.com– Efecto fotoeléctrico – Fecha de consulta 01/2019 - En línea:

<https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>

textoscientificos.com – Celdas solares - Fecha de consulta 01/2019 - En línea:

<https://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

iasolar.com – Sistemas conectados a la red y autónomos – Fecha de consulta

01/2019 - En línea: <https://www.iasolar.com/productos-y-servicios/>

sotysolar.es - Tipos de paneles solares fotovoltaicos – Fecha de consulta 01/2019 - En línea: <https://sotysolar.es/placas-solares/monocristalinas-policristalinas>

solar-energia.net - Paneles fotovoltaicos policristalinos de silicio – Fecha de consulta 01/2019 En línea:

<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico/tipos>

archiexpo.es - Módulo fotovoltaico de capa fina – Fecha de consulta 01/2019 - En línea: [http://www.archiexpo.es/prod/sunerg-solar/product-62622-](http://www.archiexpo.es/prod/sunerg-solar/product-62622-1285453.html#product-item_1285409)

[1285453.html#product-item_1285409](http://www.archiexpo.es/prod/sunerg-solar/product-62622-1285453.html#product-item_1285409)

amvarworld.com - Inversores de voltaje – fecha de consulta 02/19 - En línea:

<https://www.amvarworld.com/es/inversores-solares/692-inversores-de-voltaje-12v-400w-marca-paco.html>

amvarworld.com - reguladores-solares – fecha de consulta 02/19 - En línea:

<https://www.amvarworld.com/es/reguladores-solares-10ah/603-regulador-solar-10a-marca-paco.html>.

Tienda fotovoltaica - Regulador de carga solar Blue solar – fecha de consulta 02/19 - En línea: <https://www.tiendafotovoltaica.es/Re>

technosun.com - Baterías de plomo-ácido – fecha de consulta 02/19 - En línea:

http://blog.technosun.com/wp-content/uploads/2010/02/bateria_plomo.jpg

deltavolt.pe - Baterías para Sistemas Solares y Eólicos – fecha de consulta 02/19 - En línea: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>

tutiendaenergetica.es - Batería Plomo Ácido monoblock Trojan – fecha de consulta

02/19 - En línea: <https://www.tutiendaenergetica.es/bateria-de-plomo-trojan-scs150-12v-111ah-c100>

sofiarenovables.com - Baterías monoblock semiestacionarias – fecha de consulta

02/19 - En línea:

http://sofiarenovables.com/index.php?id_category=15&controller=category

solarmat.es – Soportes para Placas solares – fecha de consulta 02/19 - En línea:

<http://www.solarmat.es/blog/wp-content/uploads/2017/02/fija.jpg> solarmat.es – Soportes para placas solares – fecha de consulta 02/19 -En línea:

<http://www.solarmat.es/blog/wp-content/uploads/2017/02/m%C3%B3vil.jpg>

merkasol.com – Seguidores solares – En línea:

<https://www.merkasol.com/Estructuras-y-Seguidores>

rebas.com – Estructura tipo poste – fecha de consulta 02/19 - En línea:

<https://www.rebas.com/estructuras-tipo-poste/1002-estructura-2-paneles-sobre-poste-.html>

ecoinventos.com – montaje de paneles solares – fecha de consulta 02/19 -En línea:

<https://ecoinventos.com/sistemas-montaje-paneles-solares/>

Iniciativa de Energía Renovable en las Américas – fecha de consulta 03/19 - En línea:

<http://www.oas.org/reia/PDF/Newsletter/Issue%201/Issue1sp.pdf>

Ley del medio ambiente – fecha de consulta 02/2019 - Documento (Ley) en línea:

https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/171117_072935

022_archivo_documento_legislativo.pdf

Decreto 233, Ley del medio ambiente – fecha de consulta 03/19 - Documento

(Decreto) en línea: <https://www.asamblea.gob.sv/decretos/details/406>

Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la Generación de electricidad – fecha de consulta 03/19 - Documento (Ley) en línea:

https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/171117_072950

093_archivo_documento_legislativo.pdf

Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos – Documento en línea:

http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/El_Salvador/SV_Reglamento_de

Productos_Peligrosos.pdf

Categorización de actividades, obras o proyectos según la Ley del medio ambiente (Acuerdo No. 39.) - Fecha de consulta 03/19 - Documento en línea: <https://www.diariooficial.gob.sv/diarios/do-2007/05-mayo/09-05-2007.pdf>

wikipedia – National Electrica Code – fecha de consulta 03/19 - En línea: [https://www.nfpajla.org/blog/527-como-saber-el-significado-de-nfpa-y-sus-](https://www.nfpajla.org/blog/527-como-saber-el-significado-de-nfpa-y-sus-antecedentes)

antecedentes atlingenieria.com.mx - Norma NFPA 70. Artículo 690. –fecha de consulta 03/19 - Documento en línea:

<https://atlingenieria.com.mx/wp-content/uploads/2018/11/NEC-NFPA-70-2008-Spanish.pdf>

nfpajla.org – Seguridad eléctrica – En línea: <https://www.nfpajla.org/archivos/exclusivos-online/seguridad-electrica/899-el-respeto-por-la-energia>

nasa.gov – data-access-viewer (visor de acceso a datos) – fecha de consulta 03/19 - dirección web: <https://power.larc.nasa.gov>

Medidas de placas solares – Fecha de consulta – En línea: <https://panelessolaresfotovoltaicos.org/paneles-solares-fotovoltaicos/medidas-placas-solares-fotovoltaicas-las-medidas-standar-de-los-paneles/>

CAPITULO 8

ANEXOS

Anexo 1.

Bitácora de la Construcción y Montaje del Sistema Fotovoltaico

FEBRERO			MARZO				
Días			Días			Días	
lunes	martes	miércoles	Lunes	Martes	Miércoles	Martes	Miércoles
18/02/2019	19/02/2019	26/02/2019	04/03/2019	05/03/2019	06/03/2019	12/03/2019	13/03/2019
09:00 A 17:00		09:00 A 13:00	09:00 A 17:00			09:00 A 17:00	09:00 A 17:00
Mano de obra		Mano de obra	Mano de obra			Mano de obra	Mano de obra
Electricista.		Electricista.	Electricista.			Electricista.	Electricista.
Auxiliar		Auxiliar	Auxiliar			Auxiliar	Auxiliar
Descripción		Actividad	Actividad			Actividad	Actividad
Reordenamiento de los circuitos eléctricos		Inspección del techo y levantamiento de medidas	Montaje del soporte de los paneles solares			Montaje y conexión de los paneles solares	Construcción del banco de baterías
Descripción		Descripción	Descripción			Descripción	Descripción
Se separó el sistema de luces y tomas de corriente que alimentan el equipo audio visual, de los tomas de corriente que funcionarían alimentados por la red eléctrica tradicional.		Se realizó la inspección formal del techo y entorno del lugar donde se colocará la estructura del sistema fotovoltaico en la cual se fijarán los 6 paneles solares.	Se traslado de material, Corte y perforación de las partes, luego se armó la estructura sobre el techo y se fijó al mismo.			Se trasladaron los paneles hasta la Universidad, así como los dispositivos que se necesitan para su conexión y fijación, luego se fueron colocando uno a uno, sujetándolos sobre un riel de aluminio, utilizando sujetadores para paneles solares tipo T.	En la empresa Del Sol Energy S.A de C.V., se construyó la estructura, que luego se traslado a la universidad, para realizar el montaje del banco de baterías.

MARZO			
Días			
miércoles	jueves	viernes	viernes
13/03/2019	14/03/2019	15/03/2019	15/03/2019
09:00 A 17:00		09:00 A 17:00	09:00 A 13:00
Mano de obra		Mano de obra	Mano de obra
Técnico		Técnico	Electricista.
Auxiliar		Auxiliar	Auxiliar
Descripción		Actividad	Actividad
Fijación a la pared del equipo de regulación, control y protección del sistema fotovoltaico e interconexión de equipo		Construcción del banco de baterías	Pruebas al sistema fotovoltaico
Descripción		Descripción	Descripción
Se fijó a la pared el Inversor, regulador de carga, programador MATE3, y caja de interruptores termo magnéticos, para luego realizar la respectiva conexión entre los dispositivos y conexión con el sistema de paneles solares.		En la empresa Del Sol Energy S.A de C.V., se construyó la estructura, que luego se traslado a la universidad, para realizar el montaje del banco de baterías.	Se realizaron las pruebas y mediciones al sistema, consistiendo estas en: Voltaje individual de paneles solar, voltaje de sistema completo, voltaje del banco de baterías, voltaje de entrada al inversor, voltaje de salida del inversor, comportamiento del sistema ante la demanda del sistema de luces y equipo audiovisual entre otras.

Figura 90. Bitácora de la construcción y montaje del sistema fotovoltaico.

Formato de reporte de Mantenimiento



**Universidad Técnica
Latinoamericana**

Reporte de Mantenimiento de planta fotovoltaica.

PROYECTO: "Planta solar fotovoltaica aislada para iluminación led y equipo audiovisual en edificio "a" de la UTLA"

Mantenimiento Preventivo	3M	6M	Mantenimiento Correctivo	MC
--------------------------	-----------	-----------	--------------------------	-----------

LO CALIZACIÓN: En el techo del edificio "A" de la UTLA

MODULOS FOTOVOLTAICOS: Monocrystalinos de 275W. **MARCA:** Suniva **MODELO:** 275-60-4-1B0

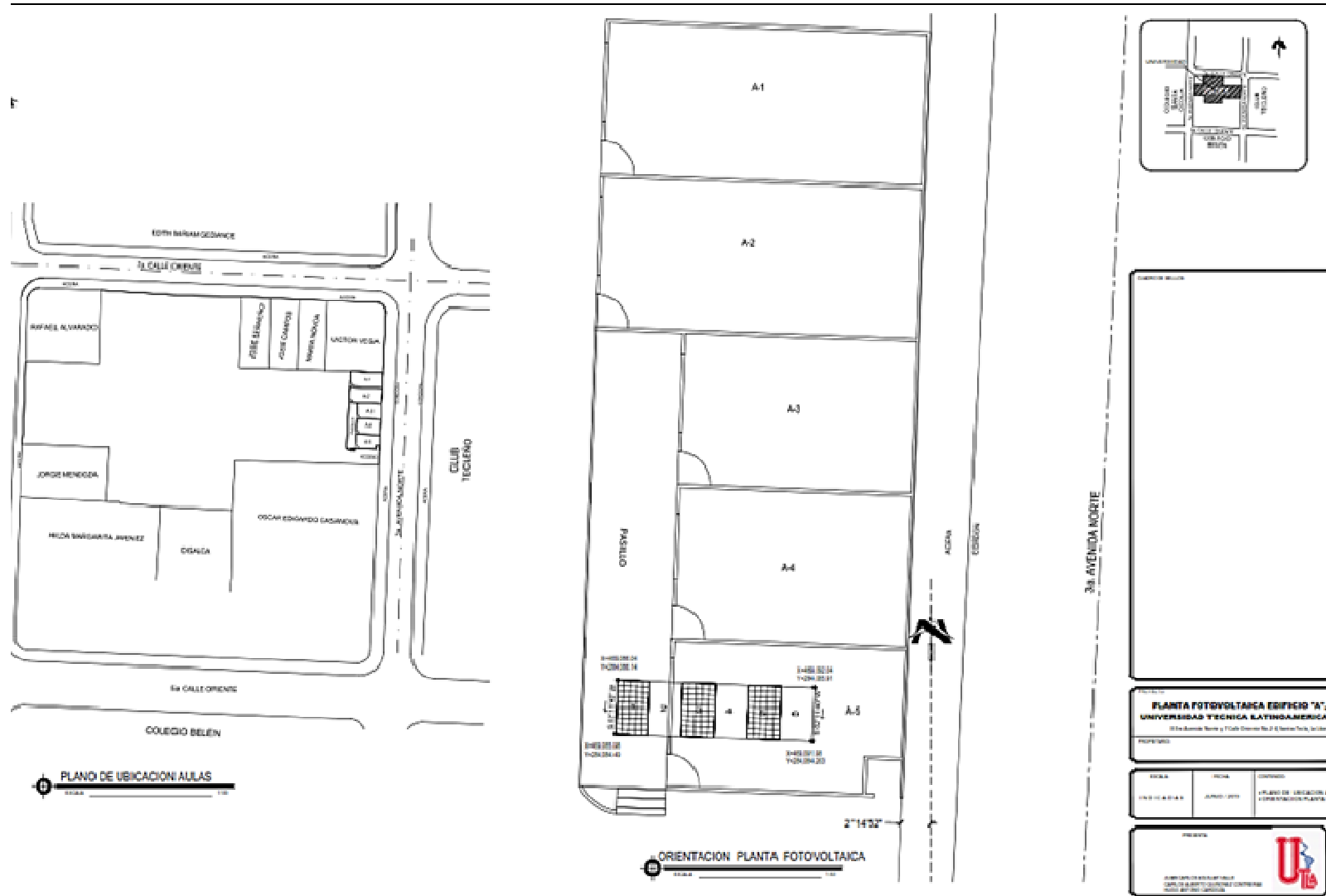
TIPO DE CONTROLADOR DE CARGA: MPPT **MARCA:** Out back power **MODELO:** FLEX MAX 80 **CORRIENTE:** 80 A.

MARCA DEL INVERSOR: Out Back power cr. **MODELO:** VEXR3648A **VOLTAJE:** 48vdc/120ac

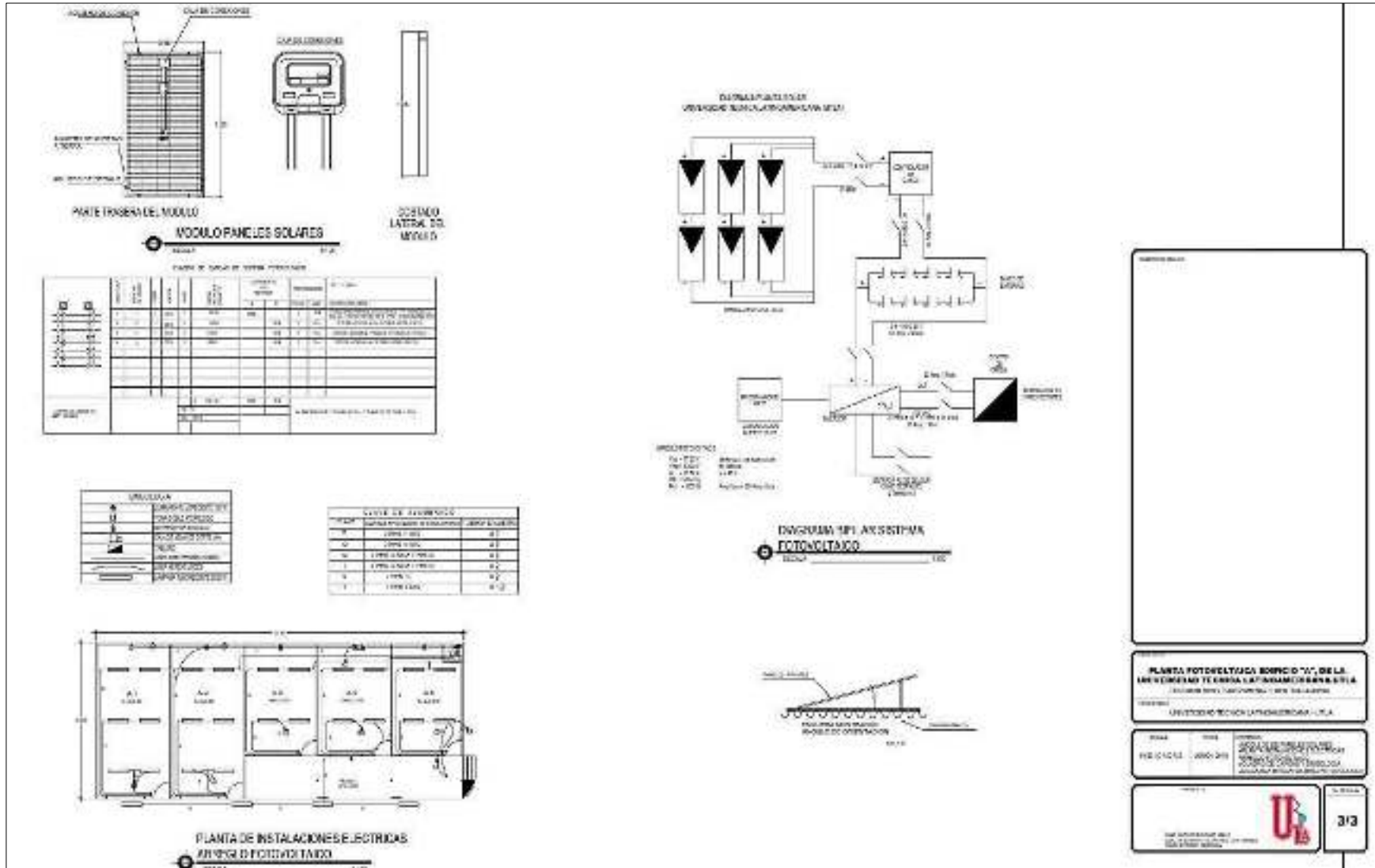
TIPO DE BATERIAS: Mono blok ácido plom o. **MARCA:** Trojan. **MODELO:** SCS150. **CAPACIDAD:** 100am p/h. **VOLTAJE:** 12v banco de

	Componentes del sistema fotovoltaico.					Observaciones / Detalles encontrados
		SI	NO	Reprogramad		
1	MODULOS FOTOVOLTAICOS					
2	Limpieza de modulos fotovoltaicos.					
3	Reaprete de puntos de fijacion en soporte y estructura.					
4	Verificacion de conexiones en los conectores MC4 y borneras.					
5	BANCO DE					
6	Limpieza de baterias.					
7	Revisión de conexiones en los postes.					
8	Verificar nivel de electrolito complementar si es necesario.					
9	Verificar si hay sulfatación en los bornes.					
10	Verificar la estructura del banco de baterias.					
11	CONTROLADOR DE CARGA.					
12	Verificar los puntos de anclaje a la pared.					
13	Verificar los parametros en la pantalla LCD					
14	Revisar conexiones de entrada de matriz fotovoltaica y salida a banco de baterias.					
15	Realizar limpieza en la carcasa del equipo.					
16	INVERS					
17	Verificar los puntos de anclaje a la pared.					
18	Revisar las conexiones de entrada de 48 v del banco de bat. Y la salida de 115Vac					
19	Realizar limpieza en la carcasa del equipo.					
20	Verificar el estado de los LED como indicadores.					
Realizado por: Nombre, Firma, Fecha					Recibido por: Nombre, firma, fecha	

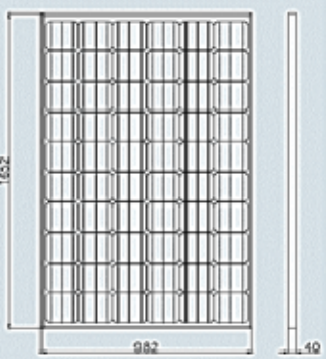
Anexo 2. Planos y Ubicación



Diseño Fotovoltaico



Anexo 3. Ficha Técnica utilizada en el proyecto y Ficha Técnica de Panel Solar Monocristalino SUNIVA OPTIMUS® 275 W.

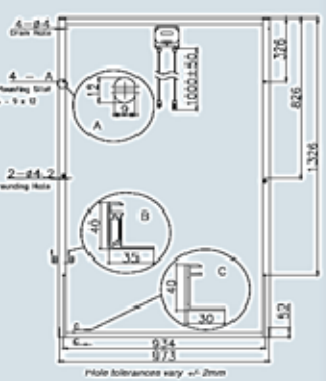


OPTIMUS SERIES: OPT 60 CELL MODULES

ELECTRICAL DATA (NOMINAL)
The rated power may only vary by +/- 2.5Wp and all other electrical parameters by +/- 5%

Model Number	OPT 265-60-4-1B0	OPT 270-60-4-1B0	OPT 275-60-4-1B0	OPT 280-60-4-1B0
Power Classification (Pmax)	265 W	270 W	275 W	280 W
Module Efficiency (%)	16.33%	16.63%	16.95%	17.26%
Voltage at Max. Power Point (Vmp)	30.70 V	31.00 V	31.50 V	31.90 V
Current at Max. Power Point (Imp)	8.64 A	8.70 A	8.74 A	8.78 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.30 V	38.40 V	38.60 V	38.80 V
Short Circuit Current (Isc)	9.12 A	9.18 A	9.28 A	9.31 A

The electrical data apply to standard test conditions (STC): irradiance of 1000 W/m² with AM 1.5 spectra at 25°C.

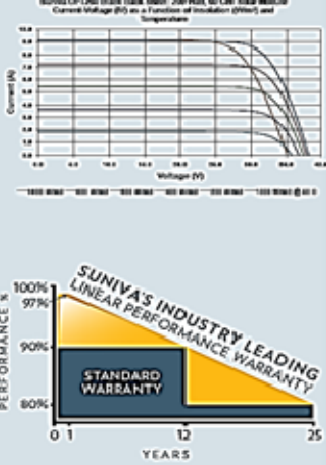


CHARACTERISTIC DATA

Type of Solar Cell	High-efficiency ARTisan Select cells of 156 x 156 mm (6 in.)
Frame	Black anodized aluminum alloy
Glass	Tempered (low-iron), anti-reflective coating
Junction Box	NEMA IP67 rated; 3 internal bypass diodes
Cable & Connectors	12 AWG (4 mm²) PV Wire cable with multiple connector options available; cable length approx. 1000 mm

MECHANICALS

Cells / Module	60 (6 x 10)
Module Dimensions	1652 x 982 mm (65.04 x 38.66 in.)
Module Thickness (Depth)	40 mm (1.57 in.)
Approximate Weight	17.9 +/- 0.25 kg, (39.5 +/- 0.5 lb.)



PLEASE RECYCLE
AUGUST 14, 2014 (REV. 18) [SAMD_0014]

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Voltage	$\beta, V_{oc} (\%/^{\circ}C)$	-0.335
Current	$\alpha, I_{sc} (\%/^{\circ}C)$	+0.047
Power	$\gamma, P_{max} (\%/^{\circ}C)$	-0.420
NOCT Avg	$\xi (+/- 2^{\circ}C)$	46.0

LIMITS


Max. System Voltage	1000 VDC for IEC; 1000 VDC for UL
Max Series Fuse Rating	15 Amps
Operating Module Temperature	-40°C to +85°C (-40°F to +185°F)
Storm Resistance/Static Load	Tested to IEC 61215 for loads of 5400 Pa (113 psf); hail and wind resistant

*Suniva® reserves the right to change the data at any time. View manual at suniva.com. *UV-90 kWh, IG-600, GH-2000. *Tests were conducted on module type OPT 60 silver frame.*

Please read installation manual before installing or working with module.


Product	Modules per pallet	Pallets per Container	Total Modules
OPT - 60 cell (silver and black)	25	28	700

HEADQUARTERS
5265 Peachtree Industrial Blvd.,
Norcross, Georgia 30092 USA
Tel: +1 404 477 2700
www.suniva.com



Ficha técnicas panel solar suniva.46

Ficha Técnica de Inversor, VFX3648/cargador de onda sinusoidal. (Inversor para el proyecto programado en modo Mini Grid – Mini red eléctrica)



FX & VFX SERIES

Sealed & Vented True Sinewave Inverter/Charger

Sealed FX

- Sinewave Output
- Intelligent Battery Charging
- Modular Stackable Design
- High Operating Efficiency
- Weather-resistant Sealed Chassis
- Corrosion Resistant Internal Components
- Field Serviceable
- Integrated Network Communications
- Standard 2 Year Warranty


Vented VFX

- Sinewave Output
- Intelligent Battery Charging
- Modular System Architecture
- High Operating Efficiency
- "Bug Proof" Chassis
- Corrosion Resistant Internal Components
- Field Serviceable
- Integrated Network Communications
- Standard 2 Year Warranty



Sealed FX

Vented VFX



The OutBack Power System's true sinewave inverter/charger is a complete power solution. It incorporates a DC to AC sinewave inverter, battery charger and AC transfer switch housed within a die-cast aluminum chassis. Intelligent multistage battery charging runs your generator less, and prolongs the life of your batteries. Built-in networked communications enables multiple units to be stacked and connected with other OutBack power electronics providing industry leading integration and near infinite application flexibility. The exclusive modular system architecture means that increased power output

is just an additional inverter/charger away. Our flagship FX series uses a sealed chassis that can operate in the harshest environmental conditions such as high humidity and corrosive salt air. The VFX series uses a vented chassis with "bug proof" screened openings that allow high output AC power in the hottest of operating conditions.

OutBack Power Inverter/Chargers are the only choice when you need a true sinewave, powerful, modular and reliable power solution for your home, business or extreme application.

Specifications							
	Sealed Models			Vented Models			
	FX2012T	FX2524T	FX3048T	VFX2812	VFX3524	VFX3648	
Nominal DC Input Voltage	12 VDC	24 VDC	48 VDC	12 VDC	24 VDC	48 VDC	
Continuous Power Rating at 25° C (77° F)	2000 VA	2500 VA	3000 VA	2800 VA	3500 VA	3600 VA	
AC Voltage/Frequency	120 VAC 60 Hz	120 VAC 60 Hz	120 VAC 60 Hz	120 VAC 60 Hz	120 VAC 60 Hz	120 VAC 60 Hz	
Continuous AC RMS Output at 25° C (77° F)	17.0 amps AC	20.8 amps AC	25.0 amps AC	23.3 amps AC	29.2 amps AC	30.0 amps AC	
Idle Power	Full	- 20 Watts	- 20 Watts	- 23 Watts	- 20 Watts	- 23 Watts	
	Search	- 6 Watts	- 6 Watts	- 6 Watts	- 6 Watts	- 6 Watts	
Typical Efficiency	90%	92%	93%	90%	92%	93%	
Total Harmonic Distortion	Typical	2%	2%	2%	2%	2%	
	Maximum	5%	5%	5%	5%	5%	
Output Voltage Regulation	± 2%	± 2%	± 2%	± 2%	± 2%	± 2%	
Maximum Output Current	Peak	56 amps AC	70 amps AC	70 amps AC	56 amps AC	70 amps AC	
	RMS	40 amps AC	50 amps AC	50 amps AC	40 amps AC	50 amps AC	
AC Overload Capability	Surge	4800 VA	6000 VA	6000 VA	4800 VA	6000 VA	
	5 Second	4000 VA	4800 VA	800 VA	4000 VA	5000 VA	
	30 Minutes	2500 VA	3200 VA	3200 VA	3200 VA	4000 VA	
AC Input Current Maximum	60 amps AC	60 amps AC	60 amps AC	60 amps AC	60 amps AC	60 amps AC	
AC Input Voltage Range (MATE Adjustable)	80 to 150 VAC	80 to 150 VAC	80 to 150 VAC	80 to 150 VAC	80 to 150 VAC	80 to 150 VAC	
AC Input Frequency Range	54 to 66 Hz	54 to 66 Hz	54 to 66 Hz	54 to 66 Hz	54 to 66 Hz	54 to 66 Hz	
DC Input Voltage Range	10.5 to 17.5 VDC	21.0 to 34.0 VDC	42.0 to 68.0 VDC	10.5 to 17.0 VDC	21.0 to 34.0 VDC	42.0 to 68.0 VDC	
Continuous Battery Charge Output	80 amps DC	55 amps DC	35 amps DC	125 amps DC	85 amps DC	45 amps DC	
Warranty	Standard 2 year / Optional 5 year			Standard 2 year / Optional 5 year			
Weight	Unit	62.6 lbs (28.4 kg)			61 lbs (27.7 kg)		
	Shipping	67 lbs (30 kg)			64 lbs (29 kg)		
Dimensions (H x W x L)	Unit	13 x 8.25 x 16.25" (33 x 21 x 41 cm)			12 x 8.25 x 16.25" (30 x 21 x 41 cm)		
	Shipping	21.75 x 13 x 22" (55 x 33 x 56 cm)			21.75 x 13 x 22" (55 x 33 x 56 cm)		
Certifications	ETL Listed to UL1741			ETL Listed to UL1741			

Ficha técnica - Manual de funcionamiento⁴⁷

DATOS ELEMENTALES A CONOCER DEL INVERSOR OUT BACK VFXR 3648A.

Siete modos de entrada seleccionables para aplicaciones diferentes.

- **Generator** (Generador)
- **Support** (Soporte)
- **Grid Tied** (Conexión a la red)(solo disponible en los modelos de 24 y 48 voltios)
- **UPS** (UPS)
- **Backup** (Respaldo)
- **Mini Grid** (Mini red eléctrica)
- **GridZero** (GridZero)

Mini Grid (Mini red eléctrica)



Ficha Técnica de Controlador de carga: Outback Power Flex max 80 A



Tabla 2 Vataje de entrada FV máximo por regulador de carga¹

Voltaje del grupo de baterías	Vataje de entrada FV máximo para el regulador FLEXmax 80	Vataje de entrada FV máximo para el regulador FLEXmax 60
12 Vcc	1250 W	800 W
24 Vcc	2500 W	1600 W
36 Vcc	3750 W	1200 W
48 Vcc	5000 W	3200 W
60 Vcc	6250 W	4000 W



FLEXmax 80

- El límite de la corriente de salida del regulador FLEXmax 80 es 80 amperios.
- Para realizar la desconexión y evitar las sobrecargas de corriente, instale los interruptores OBB-80-150VDC-IPNL de OutBack.
- Para la salida entre el regulador FLEXmax 80 y los conductores de barra colectora de la batería, utilice como mínimo un cable de 25 mm² (4 AWG).
- En condiciones de prueba estándar, como máximo, se puede conectar al regulador FLEXmax una matriz FV que tenga una corriente de cortocircuito de 64 amperios o inferior homologada.
- Apriete todas las tuercas de anillo y terminales de tierra del regulador FLEXmax con un par de apriete de 4 Nm (35 pulgadas-libras).

FLEXmax 60

- El límite de la corriente de salida del regulador FLEXmax 60 es 60 amperios.
- Para realizar la desconexión y evitar las sobrecargas de corriente, instale los interruptores OBB-60-150VDC-IPNL u OBB-80-150VDC-IPNL de OutBack.
- Para la salida entre el regulador FLEXmax 60 y los conductores de barra colectora de la batería, utilice como mínimo un cable de 16 mm² (6 AWG).
- En condiciones de prueba estándar, como máximo, se puede conectar al regulador FLEXmax una matriz FV que tenga una corriente de cortocircuito de 48 amperios o inferior homologada.
- Apriete todas las tuercas de anillo y terminales de tierra del regulador FLEXmax con un par de apriete de 4 Nm (35 pulgadas-libras).

Para obtener otras dimensiones adecuadas para cables y conductores, consulte las secciones Tabla de distancias de cable y Dimensiones de los cables y los mecanismos de desconexión que comienzan a partir de la página 91.


Ficha técnica – manual de funcionamiento⁴⁸

⁴⁸ outbackpower.com - flexmax6080_manual_spanish.pdf – Fecha de consulta 07/2019 – En línea:
http://www.outbackpower.com/downloads/documents/charge_controllers/flexmax_6080/flexmax6080

Ficha Técnica de Baterías Trojan Modelo SCS150 de Ciclo Profundo

TRULY DEEP CYCLE – MAXGUARD T2

- BCI Group 24, 12V
- Reserve Capacity [Ah@20hr rate]: 100
- Reserve Capacity [Ah@100hr rate]: 111
- Energy [kWh]: 1.33
- Weight: 50 lbs.
- Length: 11.30 in (286 mm)
- Width: 6.73 in (171 mm)
- Height: 9.80 in (248 mm)
- DWNT
- VENT



SCS150

TRUE DEEP CYCLE

Marine / RV Line Flooded

MODEL SCS150
 VOLTAGE 12V
 CAPACITY 100Ah @ 20Hr
 MATERIAL Polypropylene
 BATTERY TYPE Deep Cycle Flooded / Wet Lead Acid Battery

12V

PRODUCT + PHYSICAL SPECIFICATIONS

BCI Group Size	Type	Voltage	Cell(s)	Terminal Type ^a	Dimensions ^b Inches (mm)			Weight Lbs. (kg)
					Length	Width	Height ^c	
24	SCS150	12	6	10	11.30 (286)	6.73 (171)	9.80 (248)	50 (23)

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Cranking Performance		Capacity ^a Minutes		Capacity ^a Amp-Hours (Ah)				Energy (kWh)	Internal Resistance (mΩ)	Short Circuit Current (amps)
C.C.A. ^a @ 0°F (-18°C)	C.A. ^a @ 32°F (0°C)	@ 25 Amps	@ 75 Amps	5-Hr	10-Hr	20-Hr	100-Hr	100-Hr	—	—
530	650	150	36	80	92	100	111	1.33		

CHARGING INSTRUCTIONS

	Charger Voltage Settings (at 77°F/25°C)			
	12V	24V	36V	48V
System Voltage	12V	24V	36V	48V
Bulk Charge	14.82	29.64	44.46	59.28
Float Charge	13.50	27.00	40.50	54.00
Equalize Charge	16.20	32.40	48.60	64.80

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

Add	Subtract
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C
0.0028 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.0028 volt per cell for every 1°F above 77°F

OPERATIONAL DATA

Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 122°F (-20°C to 50°C)	Less than 3% per month depending on storage temperature conditions
At temperatures below 32°F (0°C)	
maintain a state of charge greater than 60%	

STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE

Percentage Charge	Specific Gravity	Cell	12 Volt
100	1.277	2.122	12.73
90	1.258	2.103	12.62
80	1.238	2.083	12.50
70	1.217	2.062	12.37
60	1.195	2.040	12.24
50	1.172	2.017	12.10
40	1.148	1.993	11.96
30	1.124	1.969	11.81
20	1.098	1.943	11.66
10	1.073	1.918	11.51

Ficha técnicas baterías trojan modelo SCS150.49