



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED DE X POTENCIA

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTROMECÁNICO**

**PRESENTA:
C. JOSÉ EMANUEL JIMÉNEZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
M.E.R. FRANCISCO JAVIER FUENTES RAMOS**

HUATUSCO, VER.

JUNIO 2021.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, por permitirme lograr mis objetivos, por darle la vida a mis padres y hermanos y por acompañarme en cada momento de mi vida.

A mis padres, Víctor Jiménez y Emma Hernández, por apoyarme incondicionalmente, por darme ánimos y cuidar de mí. Por formarme y guiarme en el camino y por brindarme la valiosa oportunidad de obtener una formación profesional.

A mis hermanos, por su apoyo y comprensión, por ser una motivación más en mi camino.

A mis maestros, que por sus valiosas enseñanzas me permitieron obtener los conocimientos para mi formación profesional.

A mis amigos, por haber sido de gran importancia y apoyo en la recta final de mi camino profesional. A mi novia, Perla Rebeca Tejeda, por brindarme su apoyo incondicional, por apoyarme desinteresadamente, por ayudarme a entender en un sinnúmero de veces, por ser mi inspiración de cada día.

Al Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, por ser mi casa de estudios.

RESUMEN

En este documento se detallará y explicará el proceso de instalación para sistemas fotovoltaicos interconectados a la red de suministro eléctrico, dicho procedimiento se expone en un manual, en el cual se explicará e ilustrará de manera detallada el dimensionamiento y diseño del sistema fotovoltaico, para así, obtener la información óptima como por ejemplo, el ángulo de inclinación que tendrán los paneles solares, el número de paneles a utilizar, la capacidad del o los inversores, el cálculo de los dispositivos de protección y desconexión, el arreglo de conexiones (paralelo o serie) que se hará con los paneles, para así lograr que el sistema cumpla con la mayor eficiencia posible; La orientación y estudio del área donde se procederá a instalar, con el fin de evitar que elementos ajenos interactúen o afecten el funcionamiento del sistema fotovoltaico, como sombras de árboles, sombras de estructuras o construcciones cercanas, o que interfieran con la construcción de la estructura donde se montará dicho sistema, como por ejemplo: domos tragaluz, tinacos, equipos de condensación de aires acondicionado etc.

También se detallará la herramienta adecuada a utilizar, la manipulación y manejo de todos los accesorios y herrajes para la correcta instalación de los paneles fotovoltaicos, el montaje del inversor y dispositivos de protección, conexión entre los paneles solares, la conexión al inversor y la conexión a la red de suministro desde el tablero de control del cliente.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
CONTENIDO	III
INDICE DE FIGURAS	VI
INTRODUCCIÓN	1
PANELES SOLARES SUNCITY	2
Misión	2
Visión	2
Proyectos realizados	3
ÁREA DE RESIDENCIAS	7
Departamento de proyectos e ingeniería	7
DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR EN LA EMPRESA SUNCITYINNOVATIONS S.A. DE C.V.	8
PROBLEMAS A RESOLVER.	10
Actividades realizadas para resolver el problema	12
OBJETIVOS	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
CAPÍTULO I	14
Sector energético a nivel mundial	14
El petróleo	15
Gas natural	15
Carbón	16
Energía nuclear	16
Energía hidroeléctrica	17
Energías alternas	17
Sector energético en México	18
Cambio climático	20
Gases de efecto invernadero	20
Causas del cambio climático	21
Quema de combustibles fósiles	21
Deforestación	21
Agricultura y ganadería	22
Residuos	22
Efectos del cambio climático	22
	III

Energías renovables	23
¿Qué son las energías renovables?	23
Tipos de energías renovables	23
Energía solar	23
Energía eólica	24
Energía de la biomasa	26
Energía hidráulica	27
Energía de los océanos	28
Energía geotérmica	29
Ventajas de las energías renovables	29
Desventajas de las energías renovables	29
Aplicaciones de las energías renovables	29
Energía solar fotovoltaica	30
Energía solar térmica	31
Sistemas fotovoltaicos	32
Energía solar fotovoltaica	32
Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas	35
Autónomas	35
Interconectadas a la red	36
Radiación solar	37
El módulo fotovoltaico	37
Tipos de módulos o paneles solares	39
Componentes que integran una instalación fotovoltaica	40
Instalación interconectada a la red.	40
Panel o modulo solar	40
Estructura de montaje	40
Herrajes y accesorios de fijación	41
Inversor para sistema interconectado	42
Protecciones en C.D.	42
Protecciones en C.A.	43
Cable fotovoltaico	44
Cable para instalaciones eléctricas	44
Instalación autónoma	45
Baterías	46
Controladores de carga	46
Inversor para sistema autónomo	47

Perspectivas de aplicación a una escala masiva	48
CAPÍTULO II	50
Medidas de seguridad y equipo de protección	50
Equipo de protección personal	50
Seguridad personal	51
Requisitos generales	51
Sistemas de restricción	51
Sistemas de protección personal para interrumpir caídas de alturas	52
Herramienta aislada para la manipulación de instalaciones eléctricas	56
Seguridad del material.	57
Herramienta necesaria para la instalación del sistema	58
CAPÍTULO III	61
Cálculo y Dimensionamiento	61
Número de paneles	61
Selección del inversor	66
Calculo de protecciones	69
Protección en Corriente Directa	69
Protección en corriente alterna	71
Cálculo de conductores	72
CAPÍTULO IV	73
RESULTADOS	73
Instalación del sistema fotovoltaico interconectado a la red.	73
Armado de la estructura	73
Características del sistema de rieles CrossRail Tilt-Up	73
Componentes de la estructura fotovoltaica Tilt-Up	74
Diseño de la estructura	79
Anclado de estructura	82
Conexión de paneles	88
Montaje del inversor	89
Instalación de protecciones en corriente directa	91
Conexión de corriente alterna al inversor	95
RECOMENDACIONES	101
CONCLUSIONES	102
COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	103
FUENTES DE INFORMACIÓN	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Instalación residencial de 5.5 kW en Bosques de las Palmas, Huixquilucan, Estado de México.	6
Figura 2. Instalación residencial de 2.070 kW. en Santa Fe, Juriquilla, Querétaro.	6
Figura 3. Croquis del departamento de proyectos e ingeniería.	7
Figura 4. Instalación de 4 paneles en residencial Campanario, Querétaro.	8
Figura 5. Instalación de 22 paneles en Papantla, Veracruz.	9
Figura 6. Mantenimiento e instalación de 4 paneles extras.	9
Figura 7. Acciones de mitigación y adaptación para enfrentar el cambio climático.	21
Figura 8. La Célula solar fotovoltaica.	30
Figura 9. Sistema FV interconectado a la red.	31
Figura 10. Calentador solar de circuito cerrado.	32
Figura 11. Estructura de la celda solar.	33
Figura 12. Módulos fotovoltaicos poli-cristalinos.	33
Figura 13. Ficha técnica de un módulo FV o panel solar poli-cristalino de 255 W de la marca Solartec®.	34
Figura 14. Inversor fotovoltaico de 5 KW de la marca Solis.	35
Figura 15. Elementos de una instalación fotovoltaica autónoma.	36
Figura 16. Elementos de una instalación fotovoltaica interconectada a la red de CFE.	36
Figura 17. Elementos típicos que conforman a un módulo solar.	38
Figura 18. Paneles solares de una instalación interconectada a la red.	40
Figura 19. Estructura de aluminio para aplicaciones fotovoltaicas de la marca Everest.	41
Figura 20. Accesorios de fijación y anclaje de la marca Everest.	41
Figura 21. Inversor de corriente para aplicaciones fotovoltaicas de la marca Solís.	42
Figura 22. Gabinete de la marca Schneider.	43

Figura 23. Fisibles de protección contenidos en los portafusibles de la marca EATON.	43
Figura 24. Interruptor Termo magnético de 20 amperes de la marca Square D. .	44
Figura 25. Cable fotovoltaico de cobre estañado con 56 hilos de alta flexibilidad y doble aislamiento XLPE.....	44
Figura 26. Cable eléctrico.....	45
Figura 27. Cable eléctrico de uso rudo.	45
Figura 28. Batería para aplicaciones fotovoltaicas de la marca CALE.	46
Figura 29. Controlador de carga solar.	47
Figura 30. Inversor para sistema autónomo.	47
Figura 31. Sistema de restricción personal.	52
Figura 32. Línea de vida horizontal.	55
Figura 33. Recibo de pago del servicio eléctrico proporcionado por CFE.	62
Figura 34. Consumo en KW durante 12 bimestres.	63
Figura 35. Datos del Consumo histórico transcritos en Excel.	63
Figura 36. Promedios de consumo.....	64
Figura 37. Datos meteorológicos del domicilio ejemplo proporcionados por el sitio web CCEEA.	64
Figura 38. Ficha técnica de un panel solar de 400 W de la marca Trina solar.	65
Figura 39. Catálogo de inversores de la marca Solis.....	68
Figura 40. Ficha técnica del inversor Solis-10k-4G.	68
Figura 41. Diagrama unifilar del sistema a instalar.....	70
Figura 42. Datos de salida en C.A. del inversor.....	71
Figura 43. Geometría de la estructura fotovoltaica Tilt-Up.	74
Figura 44. Juego de pata L.....	74
Figura 45. Ubicación de la pata L en la geometría de la estructura.	75
Figura 46. Conector de inclinación.	75
Figura 47. Ubicación del conector de inclinación en la geometría de la estructura.	76
Figura 48. CrossRail 48-X.....	76
Figura 49. Ubicación de los rieles CrossRail 48-X en la geometría de la estructura.	77

Figura 50. Conector Climber.....	77
Figura 51. Ubicación del conector climber en la geometría de la estructura.	77
Figura 52. Midclamp (izquierda) y Endclamp (derecha).	78
Figura 53. Ubicación de los herrajes de fijación en la geometría de la estructura.	78
Figura 54. Empalme para extensiones de rieles CrossRail 48-X.	79
Figura 55. Organización de 4 paneles sobre dos rieles completos.	80
Figura 56. Organización de los rieles norte-sur.	80
Figura 57. Organización de los rieles norte-sur sobre los rieles este-oeste.....	81
Figura 58. Triángulo rectángulo den la geometría de la estructura fotovoltaica...	81
Figura 59. Marcado de las líneas este-oeste y norte-sur.	82
Figura 60. Perforación de la azotea.....	83
Figura 61. Aplicación del sellador en la perforación.	83
Figura 62. Introducción del taquete expansivo en la perforación.	84
Figura 63. Aplicación del sellador en la base de la pata L.	84
Figura 64. Colocación de la pata L sobre la perforación.....	85
Figura 65. Colocación de los rieles norte-sur sobre las patas L.	85
Figura 66. Unión de la pata trasera con el riel norte-sur.....	86
Figura 67. Unión de los rieles norte-sur y este-oeste.	86
Figura 68. Colocación del midclamp sobre los rieles este-oeste.....	87
Figura 69. Montaje y sujeción de los paneles.	87
Figura 70. Colocación del accesorio de tierra.....	88
Figura 71. Conexión en serie de los paneles solares.....	88
Figura 72. Montaje del inversor sobre la estructura misma.....	89
Figura 73. Accesorios dentro de la caja del inversor Solis.....	89
Figura 74. Nivelado de la hoja de montaje.	90
Figura 75. Atornillado de la hoja de montaje sobre el muro.....	90
Figura 76. Montado del inversor sobre su hoja de montaje.	91
Figura 77. Montaje del gabinete.	91
Figura 78. conexión de las salidas positivas de los paneles en los porta-fusibles.	92
Figura 79. Diagrama de conexión en la parte de corriente directa.....	92
Figura 80. Ponchado de la terminal positiva (macho) en el cable fotovoltaico.	93
Figura 81. Colocación del conector MC4 en la terminal de metal.....	94

Figura 82. Sistema de protección en corriente directa.	94
Figura 83. Resultado final del montado y conexión del gabinete de C.D. con el inversor.	95
Figura 84. Canalización externa por medio de tubos conduit rígidos y flexibles tipo liquid tight.	96
Figura 85. Identificación de cada hilo dentro de los ductos.	96
Figura 86. Armado de la terminal de C.A.	97
Figura 87. Conexión de la terminal de C.A. en el inversor.	97
Figura 88. Conexión de la antena de monitoreo Wi-Fi.	98
Figura 89. Conexión de las cadenas de paneles en el inversor en la sección de C.D.	98
Figura 90. Conexión del interruptor termo magnético den el tablero de control. .	99
Figura 91. Perilla de encendido del inversor.	99
Figura 92. Operación del inversor Solis.	100

INTRODUCCIÓN

En la actualidad nos hemos visto afectados por las consecuencias que ha dejado la explotación de los combustibles fósiles, consecuencias como altos índices de contaminación, conflictos de intereses entre países y nuestra dependencia a estos combustibles. Es el momento clave para hacer un cambio en nuestra forma de consumir la energía, fortaleciendo las estrategias de ahorro y reduciendo el consumo de combustibles fósiles, por ejemplo, deberíamos pensar en alternativas para optimizar los sistemas de iluminación con tecnologías de paneles solares, que también suministran energía eléctrica para otros propósitos.

Nuestro planeta recibe del sol una cantidad de energía anual de aproximadamente 1,6 millones de kW-h, de los cuales sólo un 40% es aprovechable, una cifra que representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable. (Secretaría de Energía, 2008).

Es por ello que, debemos aprovechar la energía que recibimos del sol, mediante la energía solar fotovoltaica. En el siguiente trabajo se detallará el proceso general para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red.

PANELES SOLARES SUNCITY

Paneles Solares SunCity es una firma cien por ciento mexicana, proveedora de soluciones totales que suministra y comercializa lo más adelantado en energías renovables “solar fotovoltaica y solar térmica” en el lugar de consumo para los sectores residenciales, comercial e industrial.

En Paneles Solares SunCity se promueve la energía limpia en sitio a un costo menor de lo que se paga por la energía generada con la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural.

Misión

Generar ahorro en todas las casas, negocios e industrias de México mediante una vida sustentable.

Visión

Ser una empresa líder en el país en el tema de Sustentabilidad: Acercar como medio de vida habitual en la sociedad productos sustentables, promover el ahorro y crear conciencia ecológica a través de proyectos de energía renovable de alta calidad y conlleve a la disminución de impactos ambientales.

Sun CityInnovations S.A. de C.V. como empresa ofrece sus servicios en varios estados del territorio nacional como por ejemplo Nuevo León, Guanajuato, Ciudad de México, Veracruz, Hidalgo, Querétaro entre otros, mientras que su oficina central se encuentra en la ciudad de Querétaro con la siguiente dirección:

Calzada de los Arcos 168-1, Col. Loma Dorada, C.P. 76060, Querétaro, Querétaro.

Proyectos realizados

APROVECHAMIENTO DE LA RADIACION EN HUIXQUILUCAN ESTADO DE MEXICO

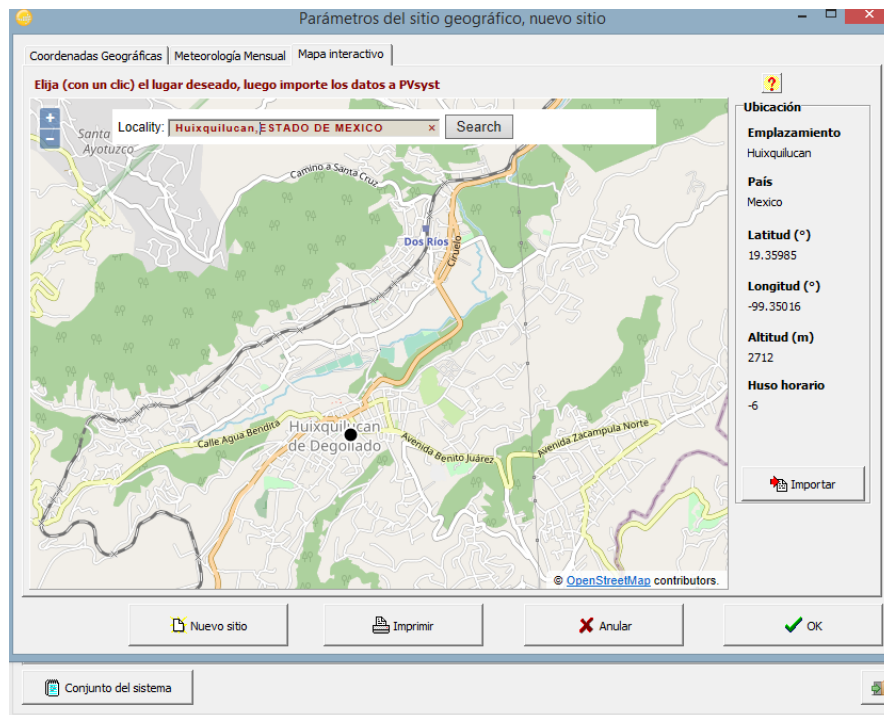


Ilustración 1 Radiación de la ciudad

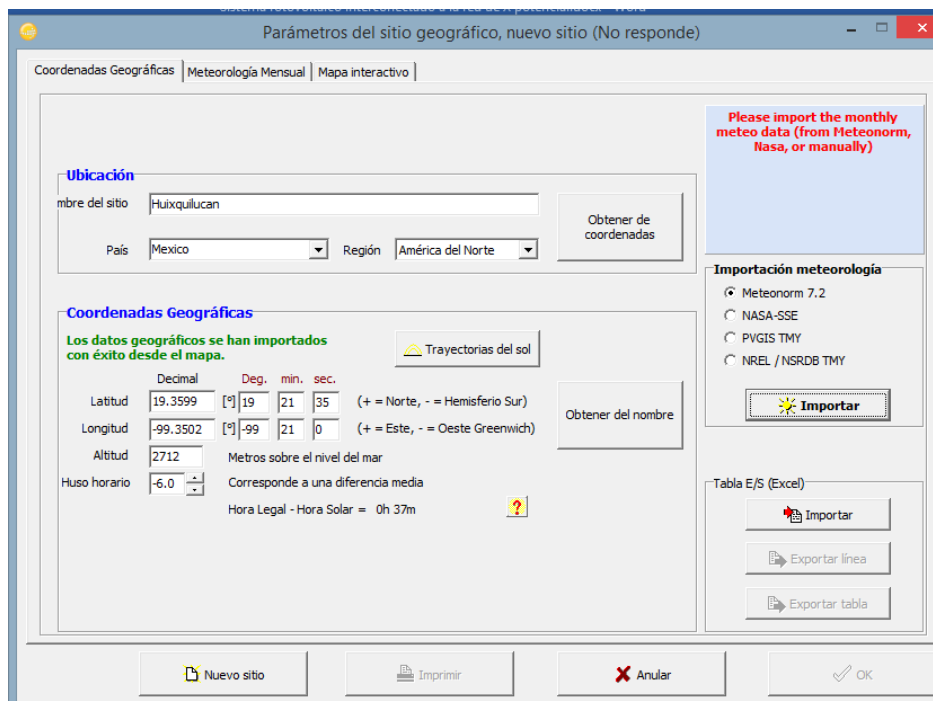


Ilustración 2. Parámetros de la ciudad

Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio

Coordenadas Geográficas | Meteorología Mensual | Mapa interactivo

Sitio: **Huixquilucan (Mexico)**

Origen de datos: **Meteonorm 7.2 (2000-2009), Sat=13%**

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .mes	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Linke Turbidity [-]	Relative Humidity %
Enero	133.9	46.6	9.6	2.10	3.121	64.4
Febrero	143.9	49.7	11.2	2.19	3.251	57.0
Marzo	181.3	68.8	13.0	2.39	3.121	51.1
Abril	180.8	70.3	14.7	2.40	3.496	53.4
Mayo	181.7	86.4	15.3	2.30	3.719	60.6
Junio	159.2	69.6	14.5	2.19	3.665	75.0
Julio	163.6	72.5	14.3	2.09	3.314	77.1
Agosto	159.9	75.7	14.2	2.20	3.187	79.2
Septiembre	137.9	70.6	14.0	2.20	3.665	80.2
Octubre	141.3	56.1	13.3	2.10	3.376	75.0
Noviembre	134.5	44.4	10.9	2.00	3.251	69.2
Diciembre	125.8	48.5	9.6	1.90	3.121	64.6
Año	1843.6	759.3	12.9	2.2	3.357	67.2

Irradiación global horizontal variabilidad de un año al otro 4.5%

Datos Requeridos

- ☒ Irradiación global horizontal
- ☒ Temp. Exterior Media

Datos adicionales

- ☒ Irradiación difusa horizontal
- ☒ Velocidad del viento
- ☒ Linke Turbidity
- ☒ Relative Humidity

Unidades de insolación

- ☐ kWh/m².día
- ☒ kWh/m².mes
- ☐ MJ/m².día
- ☐ MJ/m².mes
- ☐ W/m²
- ☐ Índice de claridad Kt

Nuevo sitio **Imprimir** **Anular** **OK**

Ilustración 3. Parámetros de radiación

Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio

Coordenadas Geográficas | Meteorología Mensual | Mapa interactivo

Sitio: **Huixquilucan (Mexico)**

Origen de datos: **Meteonorm 7.2 (2000-2009), Sat=13%**

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .día	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Linke Turbidity [-]	Relative Humidity %
Enero	4.32	1.50	9.6	2.10	3.121	64.4
Febrero	5.14	1.78	11.2	2.19	3.251	57.0
Marzo	5.85	2.22	13.0	2.39	3.121	51.1
Abril	6.03	2.34	14.7	2.40	3.496	53.4
Mayo	5.86	2.79	15.3	2.30	3.719	60.6
Junio	5.31	2.32	14.5	2.19	3.665	75.0
Julio	5.28	2.34	14.3	2.09	3.314	77.1
Agosto	5.16	2.44	14.2	2.20	3.187	79.2
Septiembre	4.60	2.35	14.0	2.20	3.665	80.2
Octubre	4.56	1.81	13.3	2.10	3.376	75.0
Noviembre	4.48	1.48	10.9	2.00	3.251	69.2
Diciembre	4.06	1.56	9.6	1.90	3.121	64.6
Año	5.05	2.08	12.9	2.2	3.357	67.2

Irradiación global horizontal variabilidad de un año al otro 4.5%

Datos Requeridos

- ☒ Irradiación global horizontal
- ☒ Temp. Exterior Media

Datos adicionales

- ☒ Irradiación difusa horizontal
- ☒ Velocidad del viento
- ☒ Linke Turbidity
- ☒ Relative Humidity

Unidades de insolación

- ☒ kWh/m².día
- ☐ kWh/m².mes
- ☐ MJ/m².día
- ☐ MJ/m².mes
- ☐ W/m²
- ☐ Índice de claridad Kt

Nuevo sitio **Imprimir** **Anular** **OK**

Ilustración 4 Horas solares pico

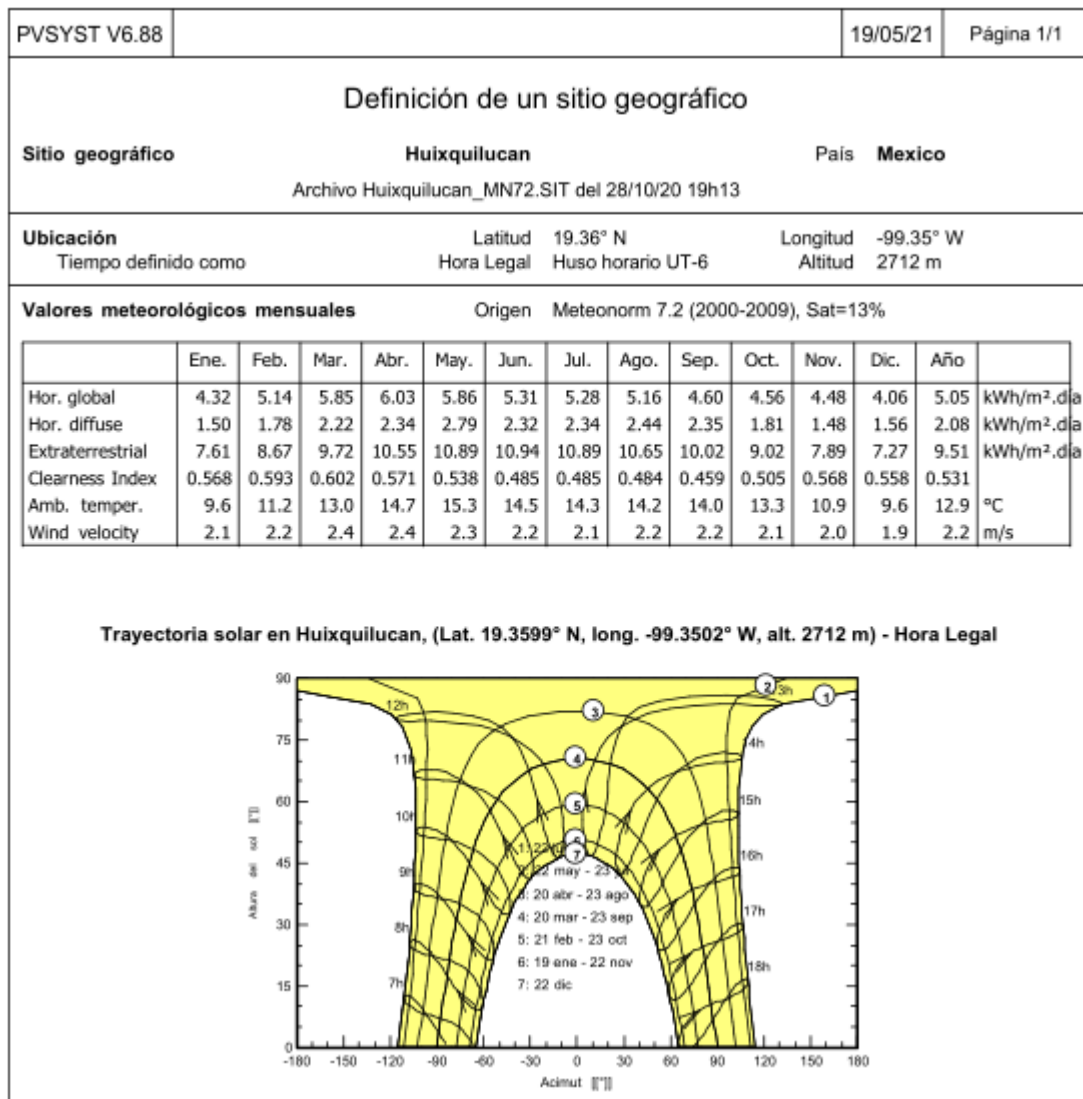


ilustración 5 recorrido del sol



Figura 1. Instalación residencial de 5.5 kW en Bosques de las Palmas, Huixquilucan, Estado de México.



Figura 2. Instalación residencial de 2.070 kW. en Santa Fe, Juriquilla, Querétaro.

ÁREA DE RESIDENCIAS

Departamento de proyectos e ingeniería

Dentro del departamento de proyectos e ingeniería se trabaja desde el diseño y dimensionamiento del sistema hasta su instalación e interconexión.

La estructura de este departamento consta de una oficina, donde encontraremos el área de gerencia de operaciones a cargo del arquitecto José Francisco Palmeño Amezcua y el área de gerencia de operaciones a cargo del ingeniero Samuel González Martínez. Dentro del departamento de proyectos e ingeniería también encontraremos el cuarto de herramientas y equipo, donde se almacena toda la herramienta y equipo que son necesarios para realizar la instalación como, por ejemplo: cajas de herramientas, arneses, cuerdas de vida, escaleras etc.

Otro cuarto es el de materiales, donde se almacenan equipos o materiales que serán instalados, por ejemplo, inversores, paneles, cable fotovoltaico, estructura de aluminio, tornillería y herrajes etc.

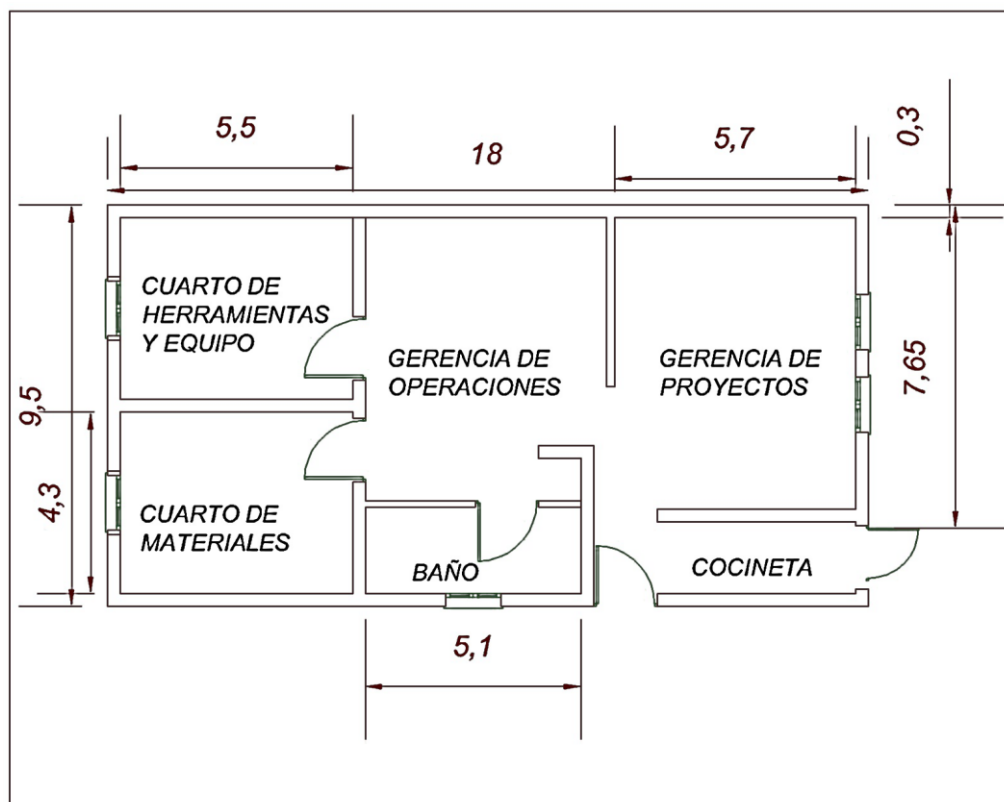


Figura 3. Croquis del departamento de proyectos e ingeniería.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR EN LA EMPRESA SUN CITYINNOVATIONS S.A. DE C.V.

- Mantenimiento a instalaciones fotovoltaicas: Acudir al lugar donde se han realizado instalaciones previas, para realizar mantenimiento, ya sea preventivo, correctivo o mantenimiento en uso.
- Diseño y cálculo de los sistemas fotovoltaicos: Realizar el cálculo correspondiente a las necesidades y/o presupuesto del cliente, para determinar el tamaño, colocación y demás parámetros que conlleva la instalación del sistema fotovoltaico interconectado a la red.
- Instalación del sistema fotovoltaico interconectado a la red: Llevar a cabo la instalación del sistema fotovoltaico en el domicilio o ubicación del cliente que requiera del servicio.



Figura 4. Instalación de 4 paneles en residencial Campanario, Querétaro.



Figura 5. Instalación de 22 paneles en Papantla, Veracruz.



Figura 6. Mantenimiento e instalación de 4 paneles extras.

PROBLEMAS A RESOLVER.

Desde la antigüedad el hombre siempre ha usado fuentes de energía disponibles para trabajar o para generar calor. Primeramente, utilizando la fuerza física o la de los animales de carga; Después, comenzó a emplear la energía del viento y el agua. Con el pasar de los años comenzó la explotación de combustibles fósiles y la energía nuclear. La disponibilidad de la energía siempre ha sido una parte esencial de la humanidad. Sin embargo, en la generación, transporte y consumo de energías convencionales están las raíces de los principales problemas medioambientales que afectan a nuestro planeta.

Ante este escenario, un uso eficiente de la energía y aumento del uso de Las energías renovables forman parte de la solución. La idea es ser cada más independientes del petróleo y sus derivados.

La energía solar fotovoltaica (ESFV) constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades de la vida.
(Carballo, 2016)

La energía solar fotovoltaica está empezando a desempeñar un papel importante en la generación de energía en algunos países. De hecho, la rápida disminución de los costos de la electricidad no subsidiada ha sido gracias a lo producido a partir de la energía solar fotovoltaica. Debido a la disminución del costo de la electricidad no subsidiada podemos afirmar que el costo de la energía solar fotovoltaica puede competir con el costo de los combustibles fósiles.

“Para el caso de México se tiene previsto un incremento de capacidad instalada de 568.2%, pasando de 1,031.2 MW en 2016 a 6,890.9 MW en 2030”. (SENER, 2016)

Fuente: SENER y diseño propio.

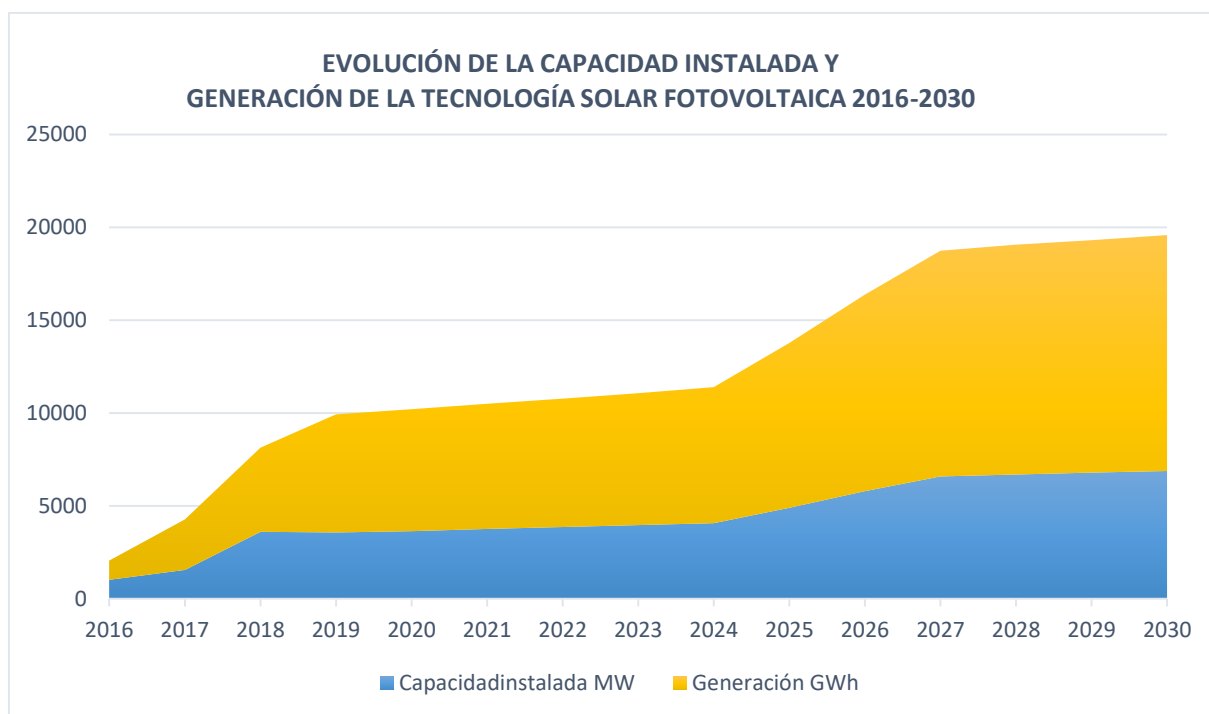


Gráfico 1 Evolución de la capacidad instalada y la generación de la tecnología solar fotovoltaica 2016 - 2030

Como se ha mencionado anteriormente, el futuro de México en cuanto a la energía solar fotovoltaica es prometedor, por lo que es importante que cada vez más personas y sobre todo estudiantes, conozcan los beneficios y, sobre todo, conozcan la importancia, funcionamiento y principios de esta energía limpia, esto con el fin de formar una mentalidad de sustentabilidad en dichas personas. Es por ello que la implementación de la energía solar fotovoltaica es una parte clave para lograr un México sustentable, pero, ¿en qué consiste una instalación solar fotovoltaica interconectada a la red? Y ¿cuáles son los elementos y técnicas a implementar para realizar una correcta instalación de dicho sistema? Estas preguntas se responderán en este trabajo, ya que se detallará el proceso de instalación de un sistema interconectado a la red.

Actividades realizadas para resolver el problema

Es de vital importancia hacer un cambio por el bienestar del planeta, y para asegurar un mundo prospero, sin contaminación y sin explotación de recursos para las futuras generaciones. Es por ello, que algunas actividades que se realizaron para contrarrestar el impacto que generan las energías no renovables fueron:

- Comprender el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos.
- Realizar cálculos correspondientes a las demandas que esperan cubrir las personas interesadas en la energía solar fotovoltaica.
- Realizar instalaciones fotovoltaicas y autónomas de manera segura y eficiente.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar un manual para la instalación y dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red.

Objetivos específicos

- Detallar los pasos a seguir para realizar el dimensionamiento de cualquier sistema solar fotovoltaico interconectado a la red.
- Investigar las normas vigentes que apliquen al momento de instalar un sistema fotovoltaico. Así como también, investigar las normas para realizar trabajos en alturas.
- Detallar el equipo de seguridad personal, así como a herramienta a adecuada.
- Enumera y explicar los pasos a seguir para realizar una correcta instalación.

CAPÍTULO I

Sector energético a nivel mundial

El nivel de desarrollo que la sociedad ha alcanzado hasta el día de hoy, tiene como base, entre otras cosas, en el uso de la energía y la infraestructura creada para su funcionamiento. Para generar energía se necesitan recursos económicos, financieros y humanos adecuados.

La elección del combustible base para la generación de electricidad en un país depende de una serie de factores, como la disponibilidad, la facilidad de transporte, los costes de producción, la intensidad del consumo la capacidad de ingresos de los compradores y, con el tiempo, el efecto medioambiental de su uso.

Los elevados precios de la energía influyen sobre el perfil de la demanda de los combustibles, porque los agentes económicos tratan de encontrar alternativas de generación a partir de combustibles que disminuyan sus costos, y en ciertos casos que no contaminen o sean de uso no peligroso. (Romo & Galina, 2008)

Aunque los avances tecnológicos, junto con la aplicación de políticas de conservación de la energía, han conducido a una mejora de la eficiencia del consumo, el crecimiento del transporte, la industria y los hogares seguirá siendo una fuente de aumento de la demanda de energía.

Se pronostica que el consumo de energía primaria en el mundo entre 2004 y 2030 registre una tasa de crecimiento media anual de 1.8%. El mayor crecimiento en el consumo se prevé en las naciones menos industrializadas (3.0%), por efecto de la demanda potencial que representa la población que no tiene acceso al suministro, y dadas las potenciales mejorías en el desempeño de su actividad económica. (Romo & Galina, 2008)

Fuente: (Romo & Galina, 2008)

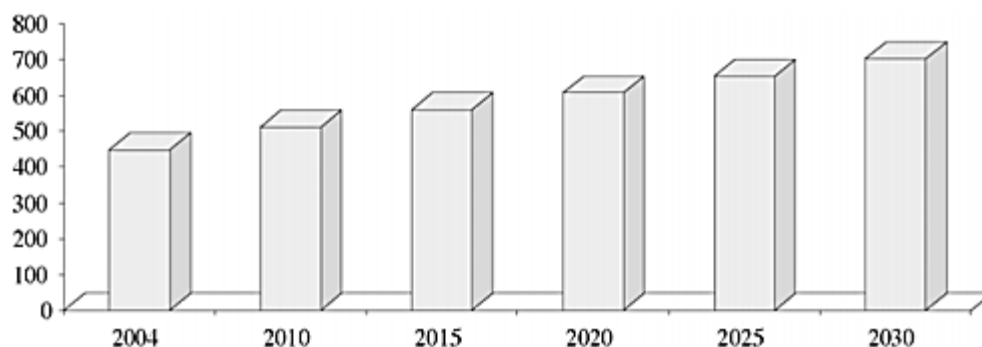


Gráfico 2. Consumo mundial de energía 2004 - 2030.

El petróleo

Romo & Galina (2008) Señalan que es un combustible base para la generación de energía, que aportó cerca de 37% de la energía primaria consumida en el mundo en el 2006. La participación del petróleo en el consumo mundial de energía primaria disminuirá gradualmente en los próximos años, ya que se estima que en 2030 sólo representará un tercio del consumo total de energía primaria. En general, los países más industrializados son los principales consumidores del petróleo y los más grandes importadores de ese energético. Resalta el caso de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que consumen cerca de dos terceras partes del petróleo comercializado en el mundo o el caso de EUA, que emplea más de la cuarta parte del total de hidrocarburos consumidos mundialmente.

Las reservas existentes en el planeta sumaron al 1 de enero del 2007, un total de 1,293 miles de millones de barriles, lo que significa una disponibilidad del energético por un poco más de 40 años con relación al nivel de producción actual, ello sin contar las reservas de arenas bituminosas que posee Canadá, ni la incorporación de reservas por descubrir en una parte del mar profundo y ultra profundo. (Romo & Galina, 2008)

Gas natural

Es una mezcla de gases que normalmente se encuentra en los yacimientos fósiles, ya sea solo o acompañando a los depósitos de petróleo o carbón. No es tóxico. Es

más ligero que el aire, eso lo hace volátil, es decir, se desvanece fácilmente en la atmosfera, reduciendo el riesgo de asfixia y explosión. Es uno de los combustibles utilizados para la generación de energía, el uso doméstico y, en menor medida, en el sector del transporte. Es indispensable en las industrias petrolera, petroquímica, siderúrgica y del vidrio, entre otras. Debido a sus características de combustión poco contaminante en comparación con otros combustibles fósiles como el petróleo y el carbón, es indispensable en las industrias petrolera, petroquímica, siderúrgica y del vidrio, entre otras. Romo & Galina (2008) Señalan que es el que mayor crecimiento ha registrado en su consumo durante los últimos años, alcanzando un poco más de 23% de la energía primaria demanda en el planeta en el 2006 desde 19% en 1980.

De igual forma Romo & Galina (2008) indican que la disponibilidad del gas natural en el mundo se estima en un poco más de 60 años, aunque también se considera la posibilidad de yacimientos en hidrato de metano a grandes profundidades, que podrían alargar la disponibilidad mundial de este hidrocarburo.

Carbón

El uso del carbón en la generación de energía produce daños ambientales al quemarlo, pues se liberan gases que se convierten en óxidos de azufre y en otros gases tóxicos, responsables de efectos nocivos como la lluvia ácida, el efecto invernadero y la formación de smog. Mientras más altas sea las presiones y las temperaturas, se produce un carbón más compacto y rico en carbono con mayor poder calorífico. Su uso es principalmente en la generación de energía y en la generación de energía y en el sector industrial.

Por lo anterior, su consumo ha sido limitado, pues puede generar hasta 50% más de bióxido de carbono que el petróleo. Después de contribuir con cerca de 40% de la energía primaria total consumida en el mundo en 1965, el carbón aportó cerca de 26% del total en el 2004, y se espera que para el año 2030, aumente su contribución en el total de energía primaria consumida a alrededor de 28.4%. (Romo & Galina, 2008)

Energía nuclear

La materia prima para la generación de esta energía es el uranio, el cual se encuentra en cantidades suficientes en el planeta. Por algunos años se consideró a

la energía nuclear como una alternativa viable de generación de electricidad. Sin embargo, Romo & Galina (2008) indican que en 2006 únicamente contribuyó con 6.2% de la energía primaria consumida en el planeta. De ese total, 84.5% fue demandado en los países de la OCDE.

Los reactores nucleares no emiten gases de efecto invernadero ni azufre. Debido a la limitada construcción de nuevas centrales, a los pocos proyectos de nueva capacidad y al desmantelamiento de los reactores existentes, pero sobre todo a los problemas de almacenamiento de los residuos nucleares, no se espera un aumento significativo en las próximas dos décadas, así como por el temor de la sociedad a que las centrales nucleares no sean seguras y provoquen un accidente como se ha visto en el pasado.

Energía hidroeléctrica

El uso de plantas hidroeléctricas es una alternativa con potencialidad en los países con caudales de ríos. Estas plantas deben ser localizadas en sitios en donde existe una diferencia de altura entre la central eléctrica y el suministro de agua. La contribución en el mundo de esta forma de generación de energía es de alrededor de 6.3% del total de energía primaria consumida. No se prevé un cambio en la tendencia del uso de esta fuente, por los elevados montos iniciales de inversión para su desarrollo y la necesidad de contar con caudales de agua suficientes en tiempo y en forma, así como por los impactos ambientales y sociales derivado de la construcción de las presas.

Energías alternas

En conjunto, las fuentes de energía renovables eólica, solar, geotérmica y biomasa aportaron únicamente 0.8% de la energía total primaria consumida en el planeta en el 2003. A pesar de mostrar un crecimiento superior al de la mayoría de las fuentes de energía en los próximos años, su participación en el total de energía primaria consumida continuará siendo baja en las primeras tres décadas del siglo. (Romo & Galina, 2008)

Sector energético en México

En 2016, el 98.5% de la población contaba con el servicio de energía eléctrica¹⁴. La CFE proporcionó este servicio a cerca de 40.8 millones de clientes, los cuales han tenido una tasa de crecimiento medio anual de más de 5.8%, durante los últimos diez años. Al cierre de 2016, el sector Residencial concentra el 88.6%, seguido del Comercial con el 9.8%; Industrial con el 0.8%; Servicios con el 0.5% y el Agrícola con el 0.3% del total. (Secretaría de Energía, 2017)

Fuente: SENER y CFE

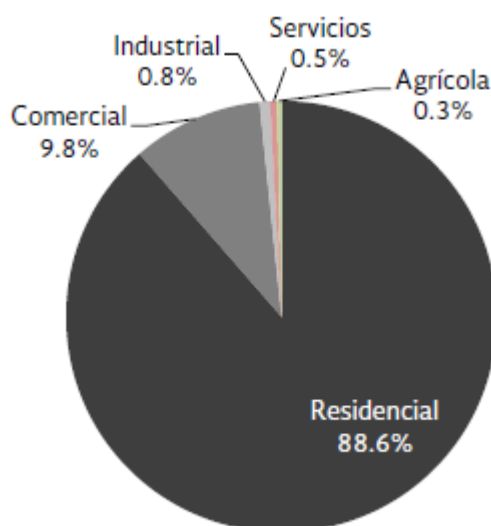


Gráfico 3. Participación de usuarios por sector, 2016.

Desde diciembre de 2013, México está inmerso en una profunda reestructuración de su modelo energético. El sector eléctrico va camino de convertirse en un sector modernizado, con una visión global y plenamente dinámico, que hoy sigue impulsando la economía. El sector eléctrico se esfuerza por promover el desarrollo sostenible garantizando siempre un funcionamiento continuo, eficiente y seguro, funcionamiento eficaz y seguro. Por ello, ante la creciente demanda de suministro eléctrico, el SEN, a través del mercado mayorista de la electricidad, requiere un

modelo de libre competencia que garantice la transparencia y fomente la participación de los inversores privados y de las empresas estatales de generación.

A través de la Ley de Transición Energética se busca incrementar de forma gradual la participación de las energías limpias en la industria eléctrica con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y de reducción de emisiones. Para lograr la meta de una participación mínima de energías limpias del 25% en el 2018, 30% en 2021 y 35% para 2024, se debe de considerar el potencial que existe de los recursos renovables con los que se cuenta hoy en día para poder aprovecharlos al máximo, y desarrollar los proyectos que son técnica y económicamente más viables para la planeación a futuro del SEN. (Secretaría de Energía, 2017)

Fuente: Elaborado por la SENER con información de la LTE.

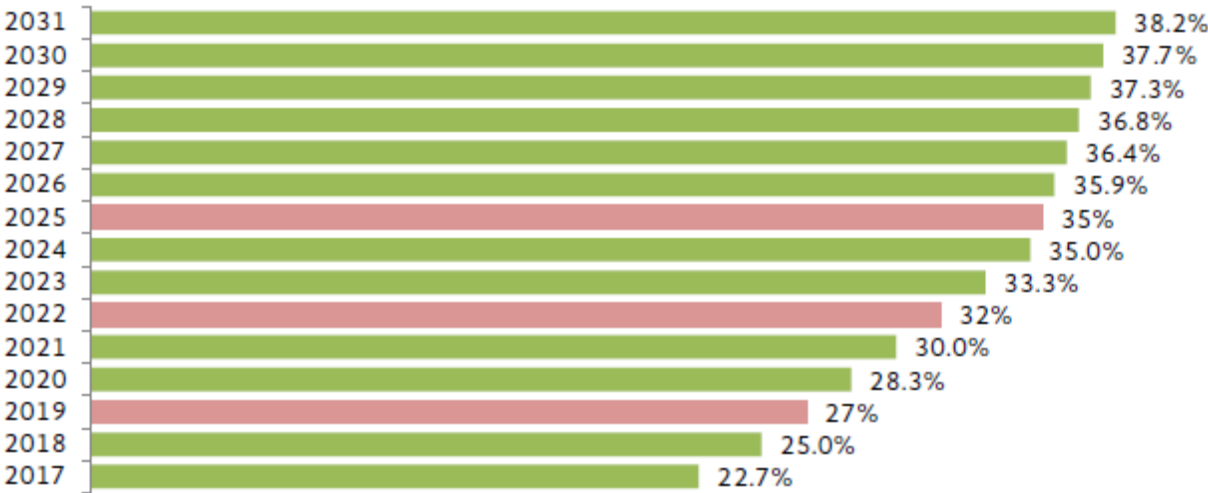


Gráfico 4. Trayectoria de las metas de energías limpias 2017 - 2031.

Cambio climático

La tierra ha cambiado rápidamente en las últimas décadas debido a las actividades humanas que producen emisiones de gases que contaminan y alteran la atmósfera; así como la destrucción de bosques y selvas, la contaminación de los océanos y la generación excesiva de residuos. Todo ello se debe a un estilo de vida basado en el consumo y el despilfarro casi instantáneo en las sociedades actuales.

La Tierra está protegida por una capa de gases, conocidos como gases de efecto invernadero, que mantienen una temperatura media de 15°C, adecuada para todas las formas de vida. Gracias a esta capa de gases en la atmósfera, una parte de la radiación solar es retenida en el planeta, mientras que la otra parte se refleja en el espacio. La Secretaría del Medio Ambiente (2018) indica que cuando los gases de efecto invernadero aumentan su concentración, la Tierra absorbe más calor, haciendo que la superficie terrestre se caliente más de lo normal y su temperatura se eleve, a esto se le conoce como calentamiento global. Esto provoca alteraciones en el clima por periodos largos de tiempo, dando lugar al cambio climático.

Gases de efecto invernadero

Ciertos gases existen desde hace millones de años, como el bióxido de carbono y el metano, que son emitidos por fuentes naturales como los volcanes, los océanos, la vegetación e incluso por nuestra respiración, así como el óxido nitroso, que se forma principalmente durante la combustión. Desafortunadamente, éstos y otros gases como los hidrofluorocarbonos, considerados como de efecto invernadero, se han producido e incrementado en los últimos años por la actividad humana, ya que, nuestras actividades diarias han contribuido a que esto suceda, provocando desequilibrios en el clima y poniendo en riesgo a todas las formas de vida que habitan en el planeta.

La Secretaría del Medio Ambiente (2018) señala que Las acciones de mitigación contribuyen a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que las de adaptación nos ayudan a reducir los impactos de este fenómeno. (Ver fig. 7)



Figura 7. Acciones de mitigación y adaptación para enfrentar el cambio climático.

Causas del cambio climático

Diariamente realizamos diferentes tareas que nos ayudan a satisfacer nuestras necesidades básicas como comer, vestir, dormir y trabajar; sin embargo, todas ellas tienen un efecto en el medio ambiente. A continuación, se muestran algunas actividades cotidianas que contribuyen al cambio climático.

Quema de combustibles fósiles

Su objetivo es producir energía eléctrica en casas, oficinas y escuelas; también es usado como combustible para los medios de transporte. Sin embargo, la quema de estos combustibles libera grandes cantidades de bióxido de carbono (CO_2), que contribuye a aumentar el efecto invernadero.

Deforestación

La construcción, cultivo de tierra, el aprovechamiento agropecuario y la obtención de madera ha generado que muchos bosques sean talados. Sin embargo, al talar

árboles hay mayor presencia de CO₂ en la atmosfera, ya que hay menos bosques que capten dicho gas.

Agricultura y ganadería

La producción de alimentos, como granos, frutas, verduras y carnes libera CO₂, debido a la destrucción de bosques; al metano por el cultivo de arroz y al estiércol de ganado, y óxido nitroso por la utilización de fertilizantes

Residuos

Son resultado de la mayoría de nuestras actividades diarias. Liberan metano debido a su descomposición y contaminan ríos, mares, suelo y aire, debido a su mal manejo.

Efectos del cambio climático

El cambio climático tiene consecuencias en todos los ámbitos de la vida, uno de los más conocidos es el deshielo de glaciares, el aumento del nivel del mar y la contaminación de reservas de agua dulce, lo que ha obligado a comunidades enteras de personas a buscar otros lugares para vivir. Desafortunadamente, algunas especies de animales no pueden adaptarse tan rápido y corren el riesgo de extinguirse, como los osos polares.

Tan sólo en 2015 se registraron más de 3 mil encharcamientos en toda la ciudad de México. La temperatura también ha aumentado en las últimas décadas: en abril de 2014 y 2015 se registraron más de 26°C, mientras que en 2016 alcanzó 27.8°C durante el mes de mayo. El aumento de la temperatura causa deshidratación, golpes de calor, enfermedades intestinales y respiratorias, sobre todo niñas, niños y personas de edad avanzada, además de reacciones alérgicas y de asma por la dispersión de polen. (Secretaría del Medio Ambiente, 2018)

Energías renovables

¿Qué son las energías renovables?

Son fuentes de energía limpias e inagotables. Cuando hablamos de energía es común que pensemos en la energía eléctrica, sin embargo, una parte de la energía que consumimos diariamente proviene de centrales eléctricas que emiten una gran cantidad de CO₂ (dióxido de carbono) a la atmosfera, lo que elevan la temperatura de la tierra. Esto provoca cambios en los patrones climáticos que derivan en un incremento de las sequías, tornados e inundaciones.

Es por ello que cada vez debemos pensar más en las energías renovables, ya que, sin llegar a decir que esos impactos no existen en las fuentes renovables, sí es cierto, en cambio, que son infinitamente menores y siempre reversibles. Es por esto que reciben el calificativo de fuentes de energía limpias.

Tipos de energías renovables

Energía solar

Diariamente recibimos grandes cantidades de radiación que el sol emite hacia la tierra. Dicha radiación es aprovechada mediante dispositivos que captan la radiación solar transformándola en energía eléctrica (energía fotovoltaica) o energía calorífica (energía foto térmica).

Ventajas de la energía solar.

- Evitar un costoso mantenimiento de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso
- Eliminar los costos ecológicos y estéticos de la instalación de líneas en esas condiciones
- Contribuir a evitar el despoblamiento progresivo de determinadas zonas
- Es una energía descentralizada que puede ser captada y utilizada en todo el territorio
- Una vez instalada tiene un costo energético nulo
- Mantenimiento y riesgo de avería muy bajo

- Tipo de instalación fácilmente modulable, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades
- Se trata de una tecnología en rápido desarrollo que tiende a reducir el costo y aumentar el rendimiento.

Desventajas de la energía solar.

- Produce basura tecnológica que difícilmente se puede reciclar en su totalidad.
- En ocasiones, necesita de grandes extensiones de terreno para instalar una planta solar.
- En el caso de la energía solar fotovoltaica, su costo de inversión es muy alto.

Energía eólica

El viento es aprovechado por aerogeneradores que transforman la energía cinética del viento en electricidad de manera limpia y eficiente. Estas máquinas pueden verter grandes cantidades de energía a la red o satisfacer pequeñas demandas.

Ventajas de la energía eólica

- La energía eólica no contamina, es inagotable y frena el agotamiento de combustibles fósiles contribuyendo a evitar el cambio climático. Es una tecnología de aprovechamiento totalmente madura.
- Es una de las fuentes más baratas, puede competir su rentabilidad con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón (considerado tradicionalmente como el combustible más barato), las centrales de combustible e incluso con la energía nuclear, si se consideran los costes de reparar los daños medioambientales.
- El generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.

- Evita la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles; gas, petróleo, gasoil (parafina), carbón. Reduce el intenso tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales. Suprime los riesgos de accidentes durante estos transportes: desastres con petroleros (traslados de residuos nucleares, etc.). No hace necesaria la instalación de líneas de abastecimiento: Canalizaciones a las refinerías o las centrales de gas.
- La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosión, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.
- La energía eólica no produce ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes.

Desventajas de la energía eólica

- Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un impacto visual inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En este sentido, la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.
- Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor, pero su efecto no es más acusado que el generado por una instalación de tipo industrial de similar entidad, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.

También ha de tenerse especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores

llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando "pasillos" a las aves, e, incluso en casos extremos hacer un seguimiento de las aves por radar llegando a parar las turbinas para evitar las colisiones. (Gracia, 2016)

Energía de la biomasa

Las materias orgánicas vegetales o animales se queman o procesan químicamente para obtener combustibles (como el biodiesel), calor y electricidad.

Ventajas ambientales

- Balance neutro en emisiones de CO₂ (principal responsable del efecto invernadero). La combustión de biomasa produce CO₂, pero una cantidad análoga a la emitida fue captada previamente por las plantas durante su crecimiento, por lo que la combustión de la biomasa no supone un incremento neto de este gas en la atmósfera.
- Al tener escaso o nulo contenido en azufre, la combustión de la biomasa no produce óxidos de este elemento, causantes de las lluvias ácidas, como ocurre en la quema de combustibles fósiles.
- En el caso de los bio carburantes utilizados en motores, las emisiones contienen menos partículas sólidas y menor toxicidad que las emisiones producidas por carburantes procedentes del petróleo.
- Permite recuperar en las cenizas de la combustión importantes elementos minerales de valor fertilizante, como fósforo y potasio.
- Como una parte de la biomasa procede de residuos que es necesario eliminar, su aprovechamiento energético supone convertir un residuo en un recurso.

Ventajas socioeconómicas

- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- Favorece el desarrollo del mundo rural y supone una oportunidad para el sector agrícola, ya que permite realizar cultivos energéticos en sustitución de otros excedentarios. (Fernández, 2003)

Desventajas

- A veces, la biomasa presenta contenido de humedad, siendo necesario su secado para poder quemarla. Esto al final supone un incremento en el gasto de energía al tener que añadir un proceso más.
- Se necesita mayor cantidad de biocombustible en comparación con el combustible fósil para producir la misma cantidad de energía, es por eso que se necesitan espacios más amplios para poder almacenarlo.
- Si la biomasa se obtiene mediante un mal procedimiento, es decir abusivo y mal enfocado, esto podría provocar la destrucción de hábitats naturales y la deforestación de los bosques.
- Estamos ante un recurso que ha surgido recientemente y no se dispone de tecnología avanzada para un aprovechamiento eficaz, como sí ocurre con los combustibles líquidos y sólidos.
- Los costos del uso de la biomasa incrementan cuando se dan dificultades en el transporte y almacenamiento.
- Si la quema de biomasa produce sustancias tóxicas, su combustión debe hacerse a una temperatura mayor de 900 °C. Aunque se puede encontrar biomasa en todo el planeta, no existen lugares adecuados para aprovecharla ya que se necesitan grandes espacios. (Portillo, 2020)

Energía hidráulica

El flujo de agua de los ríos es aprovechado para mover grandes turbinas de generadores, produciendo energía eléctrica. Esta forma de energía es una de las más desarrolladas, rentables y confiables.

Ventajas de la energía hidráulica

- Entre las ventajas que ofrecen tanto el uso de la energía hidráulica como las instalaciones que la acompañan, podemos mencionar las siguientes:
- El proceso de conversión de la energía hidráulica en electricidad es limpio, es decir, no hay residuos ni emisión de gases o partículas sólidas que puedan contaminar la atmósfera.

- Las presas que se construyen para embalsar el agua permiten regular el curso del río, evitando así las inundaciones en épocas de aguas altas y permitiendo el riego de las tierras bajas en épocas de poca lluvia.
- El agua embalsada puede utilizarse para abastecer a las ciudades durante largos periodos de tiempo.
- Los embalses se utilizan a menudo como zonas de recreo y ocio donde se pueden practicar diversos deportes acuáticos como la pesca, el remo, etc.

Desventajas de la energía hidráulica

- Los embalses inundan grandes extensiones de terreno en los valles fluviales, que suelen ser muy fértiles y a veces de gran valor ecológico. En algunos casos, incluso han inundado pequeños núcleos de población cuyos habitantes han tenido que ser reubicados en otras zonas: esto supone un importante trastorno a nivel humano.
- Las presas retienen las arenas arrastradas por la corriente, que con el tiempo son la causa de la formación de deltas en las desembocaduras de los ríos. De este modo, se altera el equilibrio en detrimento de los seres vivos (animales y plantas) de la zona.
- Cuando se interrumpe el curso natural del río, se producen graves cambios en la flora y la fauna del mismo.
- Si hay vertidos industriales o de aguas residuales aguas arriba, la materia orgánica puede acumularse en el embalse, lo que repercute negativamente en la salud del agua.
- Por último, es importante destacar la gran dependencia de la energía hidráulica de las lluvias, ya que en épocas de sequía hay que reservar parte del agua embalsada para otros usos no energéticos.

Energía de los océanos

El vaivén del agua de las mareas o de las olas, las corrientes marinas, incluso la diferencia de temperaturas que hay entre el agua de la superficie del mar y la de las profundidades, también pueden ser utilizados para generar energía. Todavía no existe un sistema viable comercialmente.

Energía geotérmica

El calor de la Tierra se aprovecha para obtener agua caliente, vapor o electricidad a partir de las aguas subterráneas. Modernas tecnologías permiten incluso sacar provecho de yacimientos de roca caliente. Esta energía se utiliza en zonas de mucha actividad geotérmica.

Ventajas de las energías renovables

- 1) Reducen la producción de emisiones de efecto invernadero, debido a que estas energías son libres de la quema de hidrocarburos.
- 2) No contribuyen al cambio climático ni a la contaminación del aire.
- 3) Su costo de producción de energía es menor a la de las energías convencionales.
- 4) Producen energía de forma ilimitada, ya que su principal fuente son los recursos naturales.

Desventajas de las energías renovables

- 1) Alto costo de inversión inicial, aunque en todos los casos esta inversión es recuperada con el pasar del tiempo debido al ahorro de energía, el alto costo que se requiere invertir al inicio del proyecto ha sido la causa de que no se lleven a cabo algunos proyectos de energías renovables.
- 2) Producción de basura tecnológica, debido a que diversos dispositivos que se usan para la transformación de la energía, como, por ejemplo, los paneles solares, tienen una vida útil de no más de 30 años, por lo que, pasando dicho tiempo, los paneles pasan a ser basura tecnológica, la cual no es reciclada en su totalidad.
- 3) Las plantas solares o parques eólicos necesitan de grandes extensiones de terreno, por lo que, en algunos de los casos, afectan a flora y la fauna de la zona donde se instalen dichos proyectos.

Aplicaciones de las energías renovables

Energía solar fotovoltaica

Las energías renovables tienen múltiples aplicaciones que son aprovechadas por el ser humano, ya que gracias a estas se puede obtener energía eléctrica o energía calorífica. Un ejemplo es la obtención de energía eléctrica por medio del efecto fotovoltaico de los paneles solares.

El efecto fotovoltaico (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentes dopadas (tipo p y tipo n) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Es por ello que estas células se fabrican partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a baja temperatura y como conductores cuando se aumenta la energía.

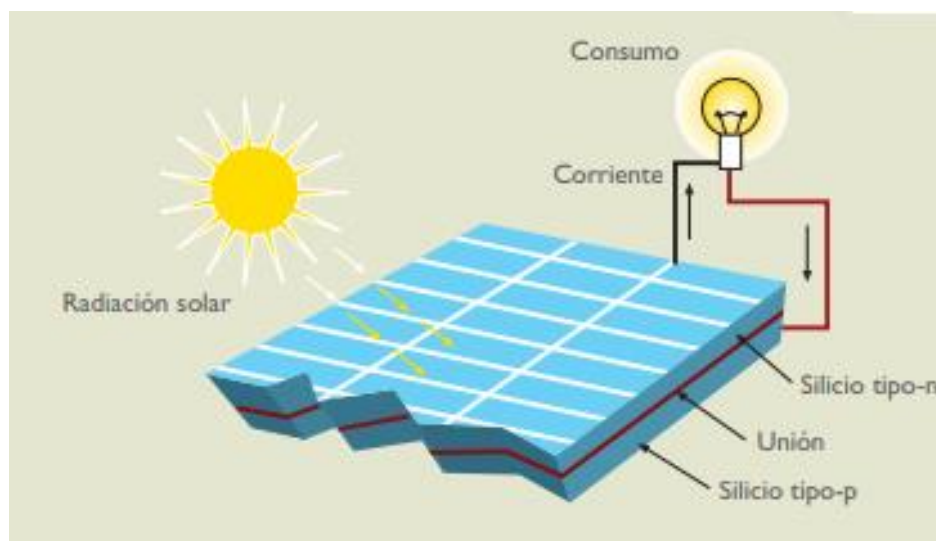


Figura 8. La Célula solar fotovoltaica.

Como resultado del efecto fotovoltaico obtenemos energía eléctrica en corriente directa (C.D.), que, posteriormente, por medio de un inversor de corriente, es invertida a corriente alterna (C.A.); Una vez obtenida la CA podemos interconectarla a la red eléctrica para así, ahorrar energía.

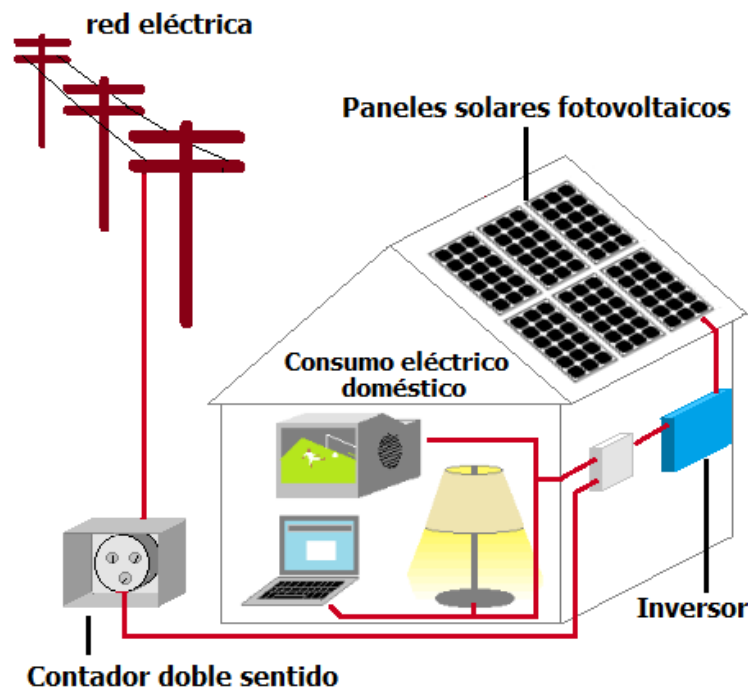


Figura 9. Sistema FV interconectado a la red.

También, la corriente directa puede ser almacenada en un banco de baterías para después, ser invertida en CA para alimenta un circuito eléctrico aislado, donde no se tenga acceso a la red eléctrica pública.

Energía solar térmica

Como se mencionó anteriormente, la radiación solar se puede aprovechar para generar electricidad por medio del FV, sin embargo, otra aplicación que podremos encontrar a la radiación solar, y que por ende es una fuente renovable es la energía solar térmica.

“El principio básico de funcionamiento de estos sistemas solares es sencillo: la radiación solar se capta y el calor se transfiere a un fluido generalmente agua o aire”. (Instituto Tecnológico de Canarias , 2008)

Para aprovechar la radiación solar se utiliza un dispositivo llamado: captador solar o calentador solar, en el cual, circula en el interior el fluido a calentar.

Una vez se haya calentado el fluido se puede utilizar directamente, por ejemplo, para la ducha, agua para alberca etc. O indirectamente por intercambio de calor, por ejemplo, para calefacción de una casa.

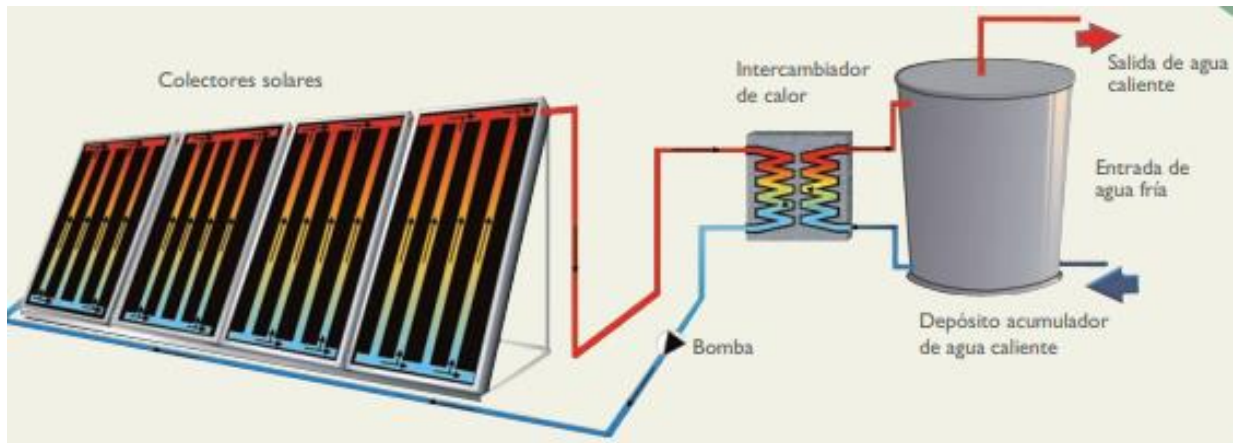


Figura 10. Calentador solar de circuito cerrado.

Sistemas fotovoltaicos

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica transforma la radiación solar en electricidad, es decir, a la transformación directa de la luz solar en electricidad en un dispositivo opto-electrónico se le llama *efecto fotovoltaico*. La generación de energía se lleva a cabo en dispositivos o uniones formados por sólidos, líquidos y gases, pero es en sólidos, especialmente en los llamados semiconductores, donde se han observado las mayores eficiencias de conversión de potencia luminosa (luz) a potencia eléctrica (electricidad).

Se le llama celda solar a la unidad mínima de conversión en la que se produce el efecto fotovoltaico. La electricidad que se genera en estas celdas es del tipo directa o corriente directa (CD). Las celdas solares están agrupadas en conexiones ya sea en serie o en paralelo para aumentar la capacidad de generación, y así, conformar los llamados módulos fotovoltaicos (paneles solares), y estos están conectados en serie o en paralelo para formar los arreglos fotovoltaicos. Independientemente del tipo de agrupación eléctrica entre celdas y/o módulos solares, incluyendo las tecnologías de conversión de la luz a electricidad se les conoce generalmente como generadores fotovoltaicos.

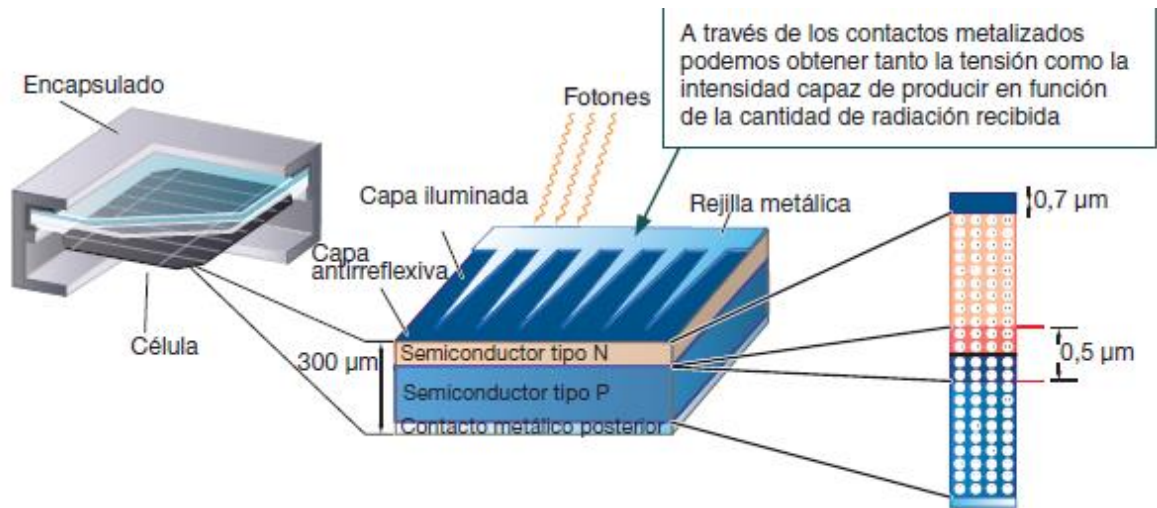


Figura 11. Estructura de la celda solar.



Figura 12. Módulos fotovoltaicos poli-cristalinos.

Las celdas solares y los módulos fotovoltaicos se especifican y comercializan por la potencia máxima o potencia pico que pueden generar cuando una irradiación de $1,000 \text{ W/m}^2$ incide sobre ellos, a esto se le conoce como el pico de la radiación solar.



Figura 13. Ficha técnica de un módulo FV o panel solar poli-cristalino de 255 W de la marca Solartec®.

Los generadores fotovoltaicos son usados para suministrar electricidad a cualquier aparato eléctrico en corriente directa (CD) como, por ejemplo, motores, lámparas, baterías para almacenar energía, y cualquier aparato electrodoméstico en corriente alterna (CA), sólo que en este caso es necesario usar un acondicionador (inversor) de energía que transforme la CD en CA. Con este tipo de acondicionadores es posible que un sistema fotovoltaico opere en paralelo e interactúe con la red de corriente alterna convencional. El acoplamiento entre el generador fotovoltaico, el inversor y sistema de almacenamiento de energía, y las cargas a energizar se les conoce con el nombre de *sistema fotovoltaico*.



Figura 14. Inversor fotovoltaico de 5 KW de la marca Solis.

Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas

Autónomas: Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas. Pueden distinguirse dos bloques:

- Aplicaciones espaciales: sirven para proporcionar energía eléctrica a elementos colocados por el ser humano en el espacio, tales como satélites de comunicaciones, en alguna estación espacial internacional, etc.
- Aplicaciones terrestres: Entre están se destacan aplicaciones profesionales: telecomunicaciones, señalización, electrificación de zonas rurales y aisladas, alumbrado público, Bombeo de agua, Redes VSAT, telemetría, juguetes, alumbrado en jardines, etc.

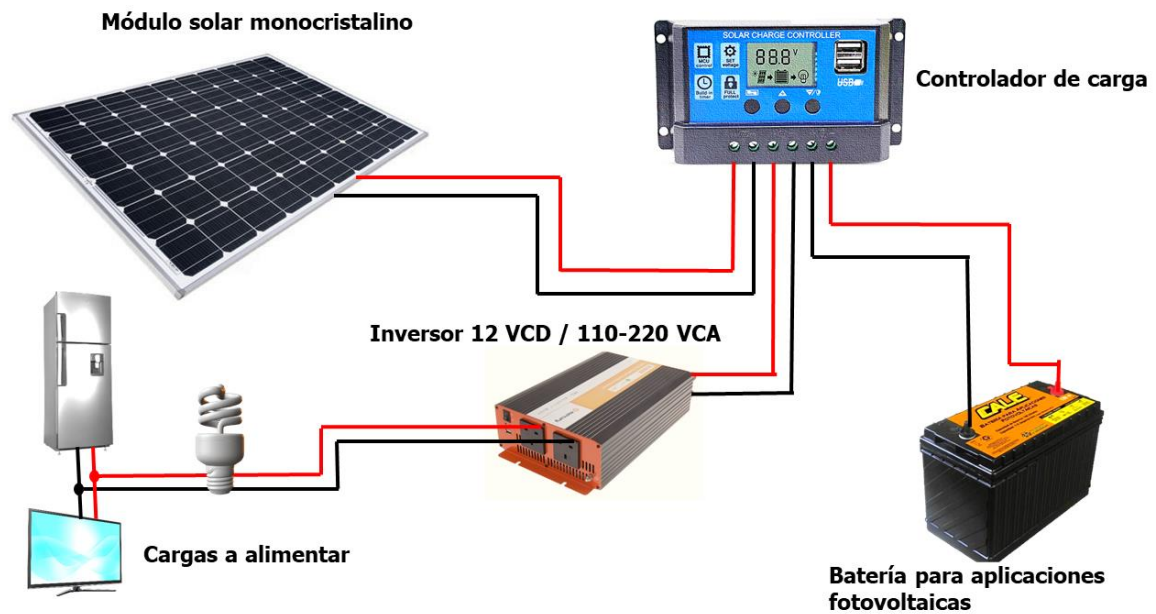


Figura 15. Elementos de una instalación fotovoltaica autónoma.

Interconectadas a la red: En este caso, el productor no utiliza la energía directamente, sino que es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el país. Tienen la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir, durante el día, siendo muy importantes los kilovatios generados de esta forma.

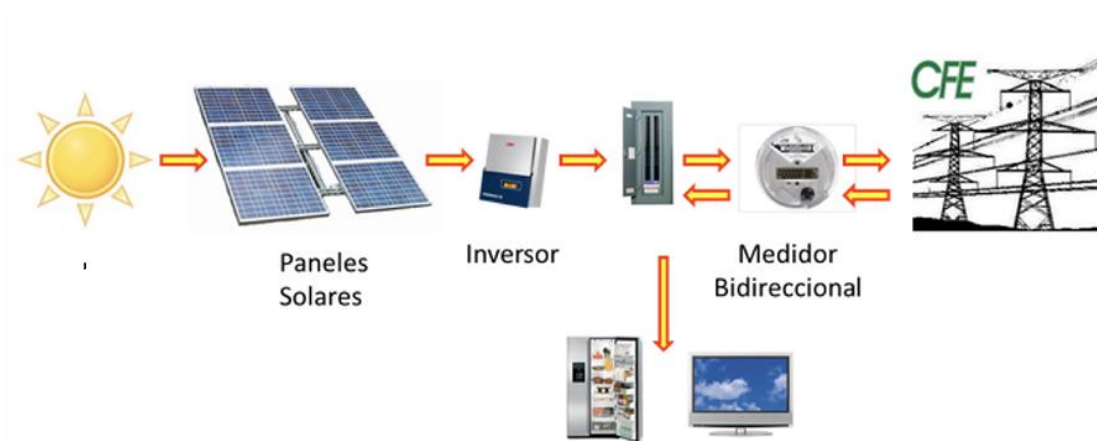


Figura 16. Elementos de una instalación fotovoltaica interconectada a la red de CFE.

Radiación solar

El Sol es la principal fuente de energía para todos los procesos que tienen lugar en nuestro planeta. Localizado a una distancia media de 150 millones de kilómetros, tiene un radio de 109 veces el de la Tierra y está formado por gas a muy alta temperatura. En su núcleo se producen continuamente reacciones atómicas de fusión nuclear que convierten el hidrógeno en helio. Este proceso libera gran cantidad de energía que sale hasta la superficie visible del Sol (fotosfera), y escapa en forma de rayos solares al espacio exterior. Leal & Leal (2015) señalan que esta energía, el motor que mueve nuestro medio ambiente, sólo 0.1% se utiliza en el proceso de la fotosíntesis, pero incluso esta cantidad es diez veces mayor que el consumo de energía del mundo actual. La existencia de los seres vivos no sería posible en ausencia de los organismos fotosintéticos, y éstos no existirían si nuestro planeta no tuviese un aporte continuo y efectivo de radiación solar. Los climas del mundo obedecen a esta relación Sol-Tierra, así como muchos fenómenos geológicos y oceánicos.

La cantidad de radiación que se intercambian entre dos objetos depende de su distancia de separación. La órbita elíptica de la Tierra (excentricidad 0.0167) nos acerca más al Sol en enero y lo aleja más en julio. Esta variación anual se traduce en una variación de la irradiación solar de la Tierra de $\pm 3\%$. La distancia media del Sol a la Tierra es de 149, 598,106 km (92; 955,953 millas), o 1 AU. (Leal & Leal, 2015)

El módulo fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico o panel solar está formado por un conjunto de celdas, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco de aluminio. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

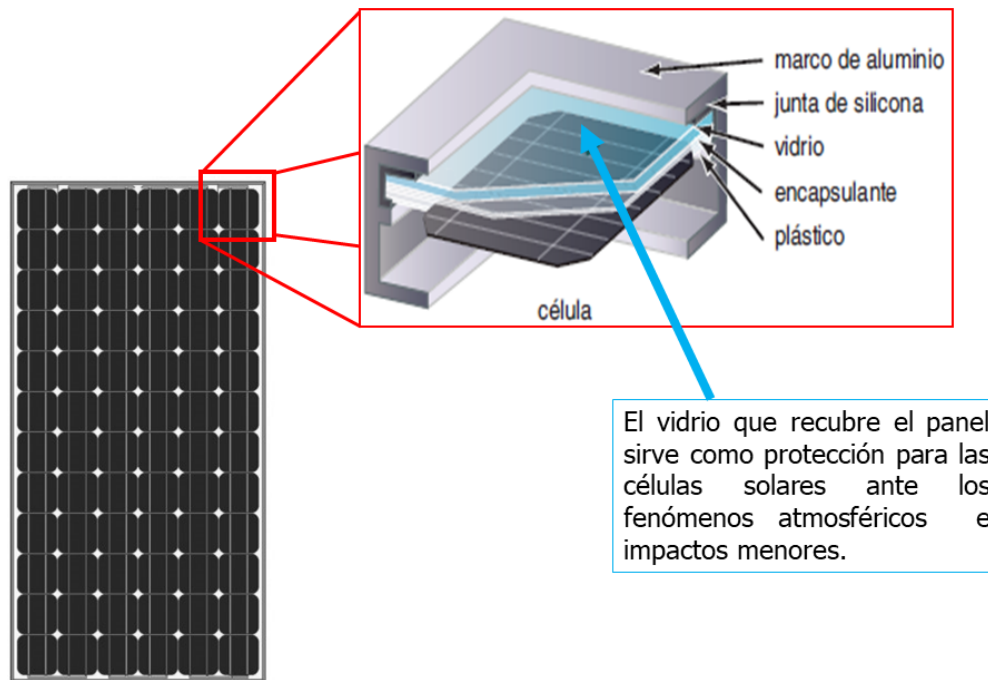


Figura 17. Elementos típicos que conforman a un módulo solar.

Marco de aluminio de panel: Permitirá la instalación sobre un determinado soporte además de proporcionar soporte y una rigidez estructural adecuada, con vistas a la instalación del módulo.

Encapsulado: Protege al módulo de las condiciones de intemperie; es muy importante que el módulo esté protegido frente a la abrasión, la humedad, y los rayos UV. El encapsulado también protege las células y las conexiones ante posibles vibraciones.

Tipos de módulos o paneles solares

Los tipos de paneles o módulos solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las celdas, y se clasifican fundamentalmente por:

- Silicio cristalino (monocristalino y policristalino).
- Silicio amorfo.

En la tabla 1 podremos identificar las principales características de cada uno de ellos.

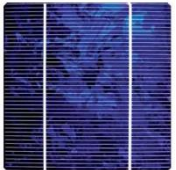
Celda	Silicio	Eficiencia en laboratorio	Eficiencia directa	Características	Fabricación
	Monocristalino	24%	15-18%	Son típicos los negros homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí.	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19-20%	12-14%	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16%	<10%	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Tabla 1 Diferencias entre paneles de acuerdo a su fabricación

Componentes que integran una instalación fotovoltaica

Para realizar una instalación fotovoltaica de manera correcta y segura se deben de usar los componentes y accesorios adecuados para aprovechar la máxima eficiencia de nuestro sistema, sin embargo, cada instalación (interconectada y autónoma) necesitan de accesorios o componentes diferentes.

Instalación interconectada a la red.

Panel o modulo solar

Este es el componente más importante del sistema, ya que, sin este, el sistema no funcionaría en lo absoluto. Su función es captar la radiación solar y por medio del efecto fotovoltaico convertir la radiación del sol en energía eléctrica en corriente continua.



Figura 18. Paneles solares de una instalación interconectada a la red.

Estructura de montaje

Comúnmente esta estructura es de aluminio. Es de uso especial para aplicaciones fotovoltaicas, ya que, su diseño facilita el montaje y fijación de los paneles solares.



Figura 19. Estructura de aluminio para aplicaciones fotovoltaicas de la marca Everest.

Herrajes y accesorios de fijación

Generalmente vienen incluidos cuando adquirimos la estructura de aluminio antes mencionada. Su función es complementar a la estructura para su fácil instalación, armado y anclado de la estructura, además de incluir accesorios que son muy importantes para fijar de manera segura los paneles solares a la estructura.



Figura 20. Accesorios de fijación y anclaje de la marca Everest.

Inversor para sistema interconectado

Su función es invertir la onda de corriente que producen los paneles solares, es decir, los paneles producen electricidad en corriente directa (C.D.), la cual es invertida por el inversor en corriente alterna (C.A.) para poder ser inyectada la red eléctrica pública.



Figura 21. Inversor de corriente para aplicaciones fotovoltaicas de la marca Solís.

Protecciones en C.D.

Su función es proteger al inversor de un sobre voltaje. Está conformado por fusibles, porta fusibles, estos están contenidos en un gabinete diseñado para



intemperies.

Figura 22. Gabinete de la marca Schneider.



Figura 23. Fisibles de protección contenidos en los portafusibles de la marca EATON.

Protecciones en C.A.

En estas protecciones son usados interruptores termo magnéticos, con el fin de proteger a la instalación eléctrica del inmueble o de la red pública. Además, permite desconectar de manera segura al sistema fotovoltaico cuando se requiera hacer mantenimiento o para ampliar el sistema.



Figura 24. Interruptor Termo magnético de 20 amperes de la marca Square D.

Cable fotovoltaico

Está diseñado especialmente para aplicaciones fotovoltaicas, debido a que es muy flexible y resistente a condiciones a la intemperie.



Figura 25. Cable fotovoltaico de cobre estañado con 56 hilos de alta flexibilidad y doble aislamiento XLPE.

Cable para instalaciones eléctricas

Su función es conducir la electricidad en C.A. de salida del inversor hacia el tablero de control del inmueble para interconectarla a la red eléctrica pública. Este tipo de cable generalmente no está diseñado para resistir las condiciones a la intemperie, por lo que este cable debe estar instalado en ductos del inmueble o en tubería instalada especial para cableado eléctrico. Sin embargo, existe un tipo de cable eléctrico conocido como de "Uso rudo", el cual está diseñado para ser instalado en exteriores.



Figura 26. Cable eléctrico.



Figura 27. Cable eléctrico de uso rudo.

Instalación autónoma

En el caso de las instalaciones fotovoltaicas autónomas, algunos de sus componentes son los mismos que los que se mencionaron anteriormente para un sistema interconectado, como lo son: paneles, estructura, accesorios de anclaje y fijación, cable FV, cable eléctrico, protecciones en C.D. y C.A., por lo que, a

continuación, solo se mencionaran los componentes por los que se diferencia de un sistema interconectado a la red.

Baterías

Su función es almacenar la electricidad producida por el sistema FV, es decir, los paneles durante el día captan y transforman la radiación solar en energía eléctrica, que posteriormente es invertida y almacenada en dichas baterías, así, el usuario tendrá acceso a la electricidad para su consumo en cualquier momento. Es importante mencionar que se deben emplear en sistemas autónomos baterías que sean únicamente para aplicaciones fotovoltaicas, para evitar riesgos de descargas o un mal funcionamiento del sistema.



Figura 28. Batería para aplicaciones fotovoltaicas de la marca CALE.

Controladores de carga

Se encarga de controlar constantemente el estado de carga de las baterías, así como de regular la intensidad de la carga con el fin de alargar la vida útil de estas. El controlador, regula la entrada de la energía proveniente de los paneles solares a las baterías dependiendo del estado en que las baterías se encuentren, a medida que el voltaje proveniente de los paneles solares se eleva, el controlador de carga regula la carga de las baterías para evitar alguna sobrecarga. Esto evita que la tensión excesiva dañe las baterías.



Figura 29. Controlador de carga solar.

Inversor para sistema autónomo

Los Inversores para sistemas aislados convierten la energía en C.D. suministrada por los paneles solares y almacenada en un banco de baterías, en energía en C.A. para hacerla compatible para alimentar pequeños aparatos eléctricos.

Estos inversores se aplican en sistemas de plantas eléctricas solares, sistemas de telecomunicaciones, sensores remotos, alimentación de cámaras remotas, etc.



Figura 30. Inversor para sistema autónomo.

Perspectivas de aplicación a una escala masiva

“La energía solar fotovoltaica ha sido identificada como una tecnología de rápido crecimiento con un potencial de aplicación alto. Por ser modular, puede ser usada en muchas aplicaciones”. (Gasca & Samperio, 2010)

Debido a que son modulares, los sistemas fotovoltaicos pueden ser dimensionados para satisfacer las necesidades exactas de energía del cliente o usuario, disminuyendo el costo global del sistema e incrementando la eficiencia del mismo. Conforme aumentan las necesidades energéticas del cliente o usuario, el tamaño energético del sistema se puede expandir para adaptarse a las nuevas necesidades del usuario. Dicho lo anterior, podemos asegurar que, la generación limpia de electricidad: energía solar y tecnología fotovoltaica (FV), representan una alternativa ecológica para la generación de electricidad, de forma distribuida o centralizada, con aplicaciones en las zonas rurales y urbanas, que puede resolver problemas eléctricos desde unos cuantos Watt (W) hasta Mega Watt (MW), como ha sido demostrado por un sin número de proyectos tanto a nivel nacional como a nivel mundial.

Aunque la tecnología FV ha sido usada ampliamente en donde se carece de electricidad, una de las aplicaciones en el ámbito urbano que actualmente ha despertado el interés internacional es la interacción con la red eléctrica convencional (REC), creándose el concepto de autoabastecimiento residencial. Como los sistemas interactúan con la REC, se han establecido una serie de regulaciones técnicas y legales que han fomentado su uso más amplio bajo el concepto de medición neta. (Gasca & Samperio, 2010)

En México, el 70% de la energía que se consume se genera al quemar hidrocarburos, que son contaminantes y caros. Nuestro país tiene un recurso gigantesco que es el sol. México tiene categoría 5 en la medición mundial de radiación, la cual es la más alta en un parámetro 1 a 5, es esto por los que somos privilegiados en tener este recurso, que hace importante aprovecharlo para generar ahorros económicos y tangibles.

Según la Secretaría de Energía (SENER), para 2024 la meta es generar 35% de la electricidad con energías limpias y renovables. México está por debajo de las estimaciones, aunque tiene la enorme capacidad para ser más amigable al medio ambiente.

CAPÍTULO II

Medidas de seguridad y equipo de protección

Equipo de protección personal

Durante la instalación de cualquier sistema solar fotovoltaico se debe portar el equipo de protección personal para salvaguardar la integridad de los técnicos instaladores. En la tabla 1 se muestra el equipo de protección que se debe portar de manera obligatoria durante la instalación del sistema.

	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO
	Casco de seguridad.	Proteger la cabeza de quien lo usa de golpes mecánicos o de objetos que puedan caer sobre el usuario.
	Chaleco reflejante.	Cuando los operarios trabajan bajo condiciones atmosféricas inestables, es necesario asegurarles un recurso de visibilidad correcta.
	Gafas de sol.	Proteger los ojos de la exposición excesiva a la radiación UV, además de evitar deslumbramientos que puedan provocar un accidente.
	Calzado de seguridad (dieléctrico).	Proteger los dedos de los pies, así como la contaminación con agentes químicos, las descargas eléctricas, las caídas y otros riesgos.

	Arnés de seguridad. Detener o frenar la caída libre de una persona que se encuentre laborando en alturas.
	Línea de vida. Restringir: Evita que lleguemos a una zona con riesgo de caída. Anti caídas: detiene con total seguridad, a uno o varios usuarios si se produce una caída accidental.

Tabla 2. Elementos de protección personal que se deben usar en el montaje de los paneles.

Seguridad personal

En cuanto a la seguridad personal se refiere, se debe tener especial cuidado cuando se trabaja en alturas, ya que, la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas se realizan en alturas. Debido a esto y para salvaguardar la vida e integridad del personal se deben tomar medidas de prevención para evitar caídas, dichas medidas las encontraremos en la norma oficial mexicana NOM-009-STPS-2011. A continuación, se enlistarán los puntos a considerar al trabajar en alturas según la NOM-009-STPS-2011.

Requisitos generales

- Supervisar en todo momento que el sistema personal para trabajos en altura se use conforme a lo establecido en las instrucciones del fabricante.
- Verificar que los sistemas personales y sus componentes, cuenten con la contraseña oficial de un organismo de certificación, acreditado y aprobado en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, que certifique su cumplimiento con las normas oficiales mexicanas.

Sistemas de restricción

Los sistemas de restricción se deben emplear únicamente para limitar la distancia de desplazamiento del trabajador hacia cualquier borde peligroso donde pueda

ocurrir una caída. Este tipo de sistemas no deberán emplearse para detención de caídas.

Cuando se emplee el sistema de restricción se deberá limitar la distancia de acercamiento a la zona de riesgo de caída (bordes) a no menos de 1.20 m. Para tal efecto, deberá emplearse un arnés de cuerpo completo o cinturón de seguridad, conectado a través de una línea de vida a un punto o dispositivo fijo que limite la proximidad del trabajador a dicha zona, como se muestra en la figura 5.

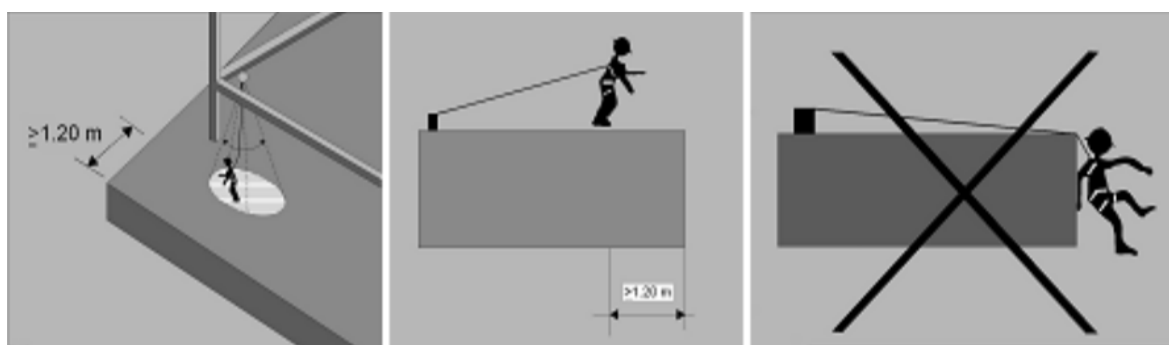


Figura 31. Sistema de restricción personal.

Sistemas de protección personal para interrumpir caídas de alturas

El uso de sistemas de protección personal para interrumpir caídas de altura, deberá ser obligatorio cuando realicen trabajos en altura sobre:

- a) Bordes de azoteas, terrazas, miradores, galerías o estructuras fijas elevadas, al igual que en aberturas como perforaciones, pozos, cubos y túneles verticales, donde no sea posible la colocación de barreras fijas o protecciones laterales o perimetrales, o no se empleen sistemas personales de restricción;
- b) Estructuras fijas elevadas donde no sea posible la colocación de redes de seguridad;
- c) Andamios tipo torre o estructura, a más de 3.5 m;
- d) Andamios suspendidos o plataformas de elevación, y

- e) Escaleras de mano, a más de 3.5 m del nivel de referencia. (Secretaría del Trabajo y Previsión Social , 2011)

Según aplique al sistema en uso, los sistemas de protección personal empleados para interrumpir caídas de altura deberán estar conformados, al menos por:

- a) Línea de vida.
- b) Conectores.
- c) Arnés de cuerpo completo.
- d) Dispositivos que absorban la energía.
- e) Puntos o dispositivos de anclaje.

Cuando se empleen sistemas de protección personal para interrumpir caídas de alturas, se deberá:

- a) Al momento de ensamblar e instalar el sistema se deberá respetar las instrucciones del fabricante y debe ser usado únicamente por personal capacitado autorizado por el patrón.
- b) Limitar la distancia de caída a la mínima posible.
- c) Colocar el punto de anclaje de acuerdo con las indicaciones del fabricante, el cual no deberá ubicarse por debajo del plano de trabajo. Un punto de anclaje puede ser una columna, trabe, viga u otro elemento estructural en un edificio; un herraje que se fija a cualquiera de estos elementos, o bien, un dispositivo integrado a una canastilla, brazo o plataforma de trabajo, en un andamio suspendido o plataforma de elevación.

- d) Verificar que la masa del trabajador más la de la herramienta se menor a la especificada por el fabricante en el sistema empleado.
- e) Asegurar que existe un espacio libre en el trayecto de una posible caída, para evitar que el trabajador se golpee con obstáculos.
- f) Revisar del sistema, en forma previa a su utilización y conforme a las instrucciones del fabricante, al
- g) menos los aspectos siguientes:
 - 1) Que no exista corrosión u otro tipo de degradación de los materiales en sus partes metálicas.
 - 2) Que no existan deformaciones, agrietamientos, ruptura u otros daños similares en las hebillas, anillos, ganchos, mosquetones y carabineros
 - 3) Que la apertura, cierre y bloqueo de todos los conectores se realice en forma correcta.
 - 4) Que no existan en las cuerdas, bandas y cables, rupturas, deshilados, destrenzados, descosidos, desgastes, doblados, corrosiones o quemaduras, y
 - 5) Que las etiquetas y marcas estén legibles.
- h) Identificar y remover del sistema los componentes defectuosos cuando su resistencia o funcionamiento se vean afectados, para evitar su uso.
- i) Utilizar conectores como mosquetones, ganchos, carabineros y otros elementos de sujeción, que se mantengan cerrados y bloqueados automáticamente, para prevenir que puedan abrirse o liberarse accidentalmente.

Estos deberán desconectarse sólo mediante la ejecución de al menos dos acciones deliberadas consecutivas del trabajador (doble seguro). Los conectores no deberán conectarse a otros objetos incompatibles en forma o dimensiones, que comprometan su funcionamiento seguro.

- j) Utilizar cuerdas y bandas de fibras sintéticas en las líneas de vida, cables de seguridad y demás componentes sometidos a esfuerzos.
- k) Considerar en la instalación del sistema:
 - 1) El posible efecto de elongación de la cuerda.
 - 2) La deflexión de una línea de vida horizontal.
 - 3) El efecto pendular.
 - 4) La presencia de líneas eléctricas energizadas. (Ver figura 6)

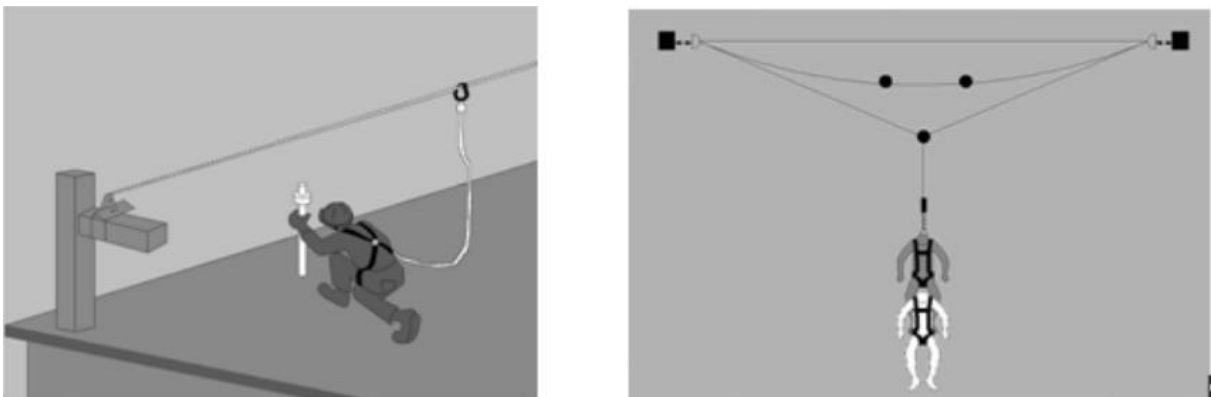


Figura 32. Línea de vida horizontal.

- l) Instalar el sistema de tal forma que la distancia máxima de caída libre, antes de que se active el sistema que absorba la energía, sea de hasta 1.8 m o 3.5 m, según el tipo de absorbedor de energía que incorpora dicho sistema.
- m) Evitar el ensamble de subsistemas o componentes de distintos fabricantes que sean incompatibles.

- n) Marcar o identificar al sistema que se accionó para detener una caída.
- o) Prohibir que un sistema que se ha accionado para detener una caída, sea reutilizado, salvo que el fabricante expresamente así lo permita, ya sea de manera integral o para alguno de sus componentes o subsistemas.

Al emplear sistemas a base de líneas de vida horizontales, se deberá:

- a) Instalar y operar el sistema conforme a las especificaciones del fabricante
- b) Constatar que los soportes cuenten con la resistencia requerida.
- c) Asegurar la correcta tensión del cable horizontal.
- d) Controlar la distancia total de caída disponible, considerando la distancia de despliegue del dispositivo absorbedor de energía y la deflexión o catenaria (curva que se forma en una cuerda o cable cuando está sujeta por sus extremos) que formaría la línea horizontal.

Herramienta aislada para la manipulación de instalaciones eléctricas

La seguridad es un aspecto fundamental que se debe tener muy en cuenta en el proceso instalación de cualquier tipo de sistema fotovoltaico tanto desde el punto de vista personal como del material, cumpliendo los siguientes aspectos, lograremos una instalación de calidad y sin accidentes. De igual forma, se debe usar herramienta adecuada para cuando se deba realizar la conexión y puesta en funcionamiento del sistema, ya que, se deben manipular conexiones eléctricas donde comúnmente encontraremos voltajes de 220 Volts, además de la manipulación de las conexiones que conducen corriente directa proveniente del sistema fotovoltaico. En la tabla 1.2 podremos ver la herramienta y equipo adecuado para hacer conexiones eléctricas de manera segura.

DESCRIPCIÓN	OBJETIVO
-------------	----------

	Destornilladores dieléctricos.
	Pinzas aisladas. Minimiza o elimina el riesgo de que el usuario reciba una descarga eléctrica al momento de manipular, atornillar o cortar cables con tensión.
	Guantes dieléctricos.

Tabla 3. Elementos básicos de seguridad para manipular o realizar instalaciones eléctricas.

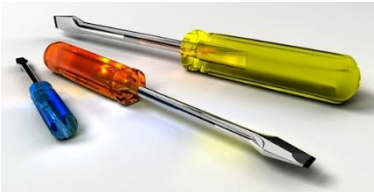
Seguridad del material.

- ✓ Tener especial cuidado en la manipulación de los elementos del sistema (paneles solares, inversores, baterías solares, cableado, estructura, etc.) para evitar posibles daños tanto en el momento de transporte y almacenamiento como durante el montaje.
- ✓ Si se ha de apilar el material, prestar atención a elementos como los módulos fotovoltaicos que son frágiles y debemos asegurarnos que el fabricante permite apilarlos sin riesgo de roturas.
- ✓ Asegurarse que el material no se golpeará o moverá durante el transporte y el izaje.
- ✓ Se deben evitar golpes o caídas de los paneles y baterías ya que ambos equipos son especialmente frágiles y una caída de las baterías y/o los

módulos puede provocar un deterioro importante o incluso la inutilización de los mismos.

Herramienta necesaria para la instalación del sistema

Para comenzar con la instalación de nuestro sistema fotovoltaico debemos contar con la herramienta adecuada tanto para el montaje del sistema, así como también para la conexión del mismo.

	Herramienta	Descripción
	Roto martillo	Es de utilidad para realizar perforaciones en la superficie de las azoteas, además de fijar o atornillar diversos componentes.
	Llaves Torks	Son de utilidad al momento de armar la estructura donde se colocan los paneles, además de ser necesarios al momento de fijar los paneles.
	Juego de llaves.	Es de utilidad para el anclaje y armado de la estructura de aluminio. Entre las medidas con las que se debe contar son de 1/2 y 9/16.
	Juego de destornilladores.	Se debe contar con destornilladores de punta plana y Phillips para atornillar elementos del sistema como porta



Martillo

fusibles, termo magnéticos etc.

Es necesario para fijar los taquetes expansivos que sujetan la estructura a la azotea o área donde se realizara la instalación.



Dados y matraca.

Al igual que las llaves, son de utilidad para armar y fijar la estructura de aluminio.



Juego de brocas.

Son necesarias para la perforar el área donde se anclará la estructura. Es importante que dicho juego debe contener brocas para perforar concreto, madera y hierro, además de contar con todas las medidas disponibles en el mercado.



Pinzas y alicates.

Es necesario contar con dichas herramientas, debido a que facilitan la manipulación y corte de cables eléctricos y otros componentes.

Nivel

Esta herramienta ayuda a que nuestra estructura este perfectamente nivelada, generando así, una instalación de calidad.



Pinza ponchadora MC4.

Es necesaria para realizar las conexiones de corriente directa, ya que se debe armar conectores MC4, los cuales se deben ponchar con dicha herramienta.



Brochas y espátulas.

Son de utilidad al momento de aplicar el cemento plástico y el impermeabilizante donde se realizó la perforación para el anclaje de la estructura.



Multímetro

Es esencial para realizar las conexiones de manera correcta y segura.



Flexómetro

Medir distancias y tramos de material como cables, rieles, tubos etc. Es esencial, es por ello que esta herramienta no debe dejarse a un lado.



Segueta

Esta herramienta es necesaria, ya que, muchas veces se debe cortar sobrantes de riel de aluminio, tubo conduit etc.

Tabla 3. Herramienta necesaria para realizar una instalación FV.

CAPÍTULO III

Cálculo y Dimensionamiento

Número de paneles

El cálculo y dimensionamiento es muy importante, ya que, podremos determinar de manera acertada la cantidad de paneles que se requieren para cubrir cierta demanda, además de determinar la capacidad del inversor, las protecciones y sistemas de desconexión. A continuación, se mostrará a detalle el cálculo y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, el cálculo de la capacidad del inversor y el cálculo de las protecciones y cableado necesario.

Para comenzar con el cálculo de potencia y numero de paneles que necesitamos para cubrir la demanda de energía necesaria, podemos acudir a diferentes métodos. Primero, debemos conocer el promedio de consumo diario del cliente. Estos datos los podemos conocer instalando un contador de Watts por un determinado tiempo, sin embargo, una forma más fácil y rápida de conocer los datos de consumo diario del cliente es por medio del recibo de pago del servicio proporcionado por la Comisión federal de electricidad. Como ejemplo, tomaremos el caso de un domicilio ubicado en el municipio de Papantla en el estado de Veracruz, el cual es tarifa doméstica de alto consumo (DAC), en la figura 30 se muestra el recibo de pago de este domicilio, al cual, tomaremos los datos que se muestran en el para realizar su correspondiente dimensionamiento.



Figura 33. Recibo de pago del servicio eléctrico proporcionado por CFE.

En la parte trasera de cada recibo de pago de CFE podremos encontrar el consumo histórico en un promedio de consumo durante 11 bimestres, estos datos serán de gran utilidad para calcular nuestro sistema interconectado, partiendo del ejemplo antes mencionado (figura 30), realizaremos el cálculo de ejemplo correspondiente a la demanda mostrada en la figura 31.

CONSUMO HISTÓRICO

Periodo	kWh	Importe	Pagos	Pendientes de Pago
del 07 MAY 20 al 09 JUL 20	5789	\$28,628.00	\$28,628.00	
del 06 MAR 20 al 07 MAY 20	5134	\$24,394.00	\$24,394.00	
del 09 ENE 20 al 06 MAR 20	1007	\$5,085.00	\$5,085.00	
del 08 NOV 19 al 09 ENE 20	1080	\$5,610.00	\$5,610.00	
del 06 SEP 19 al 08 NOV 19	3501	\$17,836.00	\$17,836.00	
del 09 JUL 19 al 06 SEP 19	2993	\$15,680.00	\$15,680.00	
del 08 MAY 19 al 09 JUL 19	1478	\$8,071.00	\$8,071.00	
del 08 MAR 19 al 08 MAY 19	2464	\$13,103.00	\$13,103.00	
del 09 ENE 19 al 08 MAR 19	698	\$4,174.00	\$4,174.00	
del 09 NOV 18 al 09 ENE 19	738	\$4,240.00	\$4,240.00	
del 07 SEP 18 al 09 NOV 18	1450	\$7,744.00	\$7,744.00	

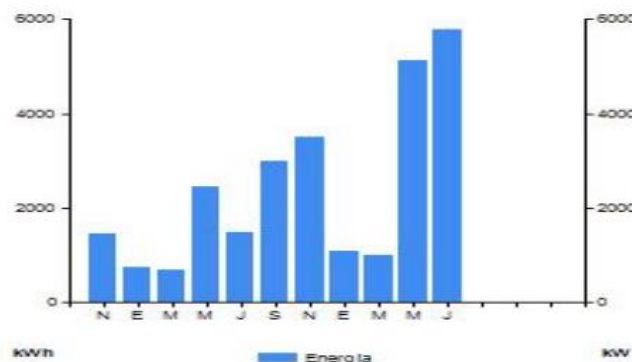


Figura 34. Consumo en KW durante 12 bimestres.

Podemos utilizar como herramienta de apoyo el software Excel de Microsoft, esto con el fin de agilizar los cálculos que haremos posteriormente, para ello debemos transcribir en una hoja de Excel los datos del periodo y el consumo en kWh como se muestra en a figura 32.

	A	B	C	D
1	Periodo		Consumo (kWh)	
2	07 MAY 20 - 09 JUL 20		5789	
3	06 MAR 20 - 07 MAY 20		5134	
4	09 ENE 20 - 06 MAR 20		1007	
5	08 NOV 19 - 09 ENE 20		1080	
6	06 SEP 19 - 08 NOV 19		3501	
7	09 JUL 19 - 06 SEP 19		2993	
8	08 MAY 19 - 09 JUL 19		1478	
9	08 MAR 19 - 08 MAY 19		2464	
10	09 ENE 19 - 08 MAR 19		698	
11	09 NOV 18 - 09 ENE 19		738	
12	07 SEP 18 - 09 NOV 18		1450	
13	Consumo total en 2 años			26332
14				

Figura 35. Datos del Consumo histórico transcritos en Excel.

Una vez que se tengan los datos en Excel, podemos calcular el consumo promedio anual, bimestral y diario (ver figura 33).

13	Consumo total en 2 años =	26332
14	Consumo anual =	13166
15	Consumo bimestral =	2393.818182
16	Consumo diario =	39.8969697

Figura 36. Promedios de consumo.

Una vez obtenidos los promedios de consumo nos enfocaremos en el consumo diario, ya que ese dato nos servirá para conocer la potencia que nuestro sistema fotovoltaico debe producir diariamente. Mediante la ecuación 1 obtendremos la cantidad de energía que se requiere para cubrir la demanda de nuestro cliente.

$$Potencia\ FV\ requerida = \frac{Consumo\ diario}{Hora\ solar\ pico} \quad Ecu. 1$$

La hora solar pico lo podemos obtener en páginas web, por ejemplo, el sitio web de la NASA o en la Solar app del Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas (CCEEA). En este caso utilizaremos la solar app del sitio web de CCEEA, el cual nos proporcionara datos como las coordenadas, ángulo de inclinación optimo, horas solares y temperaturas (ver figura 34).



Figura 37. Datos meteorológicos del domicilio ejemplo proporcionados por el sitio web CCEEA.

Como se puede observar en la figura 34, las horas solares picos en el ángulo optimo es de 4.78 horas al día, por lo que procederemos a calcular la potencia fotovoltaica requerida con le ecuación 1.

$$Potencia\ FV\ requerida = \frac{39.8969\ kWh}{4.78\ h} = 8.3466\ kW$$

Una vez determinada la potencia fotovoltaica requerida, podemos calcular el número de módulos o paneles solares necesarios para cubrir dicha demanda. Tomando como referencia un panel solar de la marca Trina solar de 400 W (Ver figura 35). Para determinar el número de paneles que se requieren para cubrir la demanda de 8.3466 kW diarios podemos acudir a la ecuación 2.



Trina solar		
TSM-400DE15H(II)		
Maximum Power	(Pmax)	400W
Maximum Power Voltage	(Vmp)	41.1V
Maximum Power Current	(Imp)	9.74A
Open Circuit Voltage	(Voc)	50.4V
Short Circuit Current	(Isc)	10.18A
Maximum Series Fuse		20A
Power Selection		0-5W
Module Application		Class A
Maximum System Voltage		IEC1500V/UL1500V
Electrical Rating At STC AM=1.5 IRRADIANCE=1000W/m² Temp =25 °C		
For field connections, use minimum 4mm² (No. 12AWG) copper wires		
ELECTRICAL HAZARD		

Figura 38. Ficha técnica de un panel solar de 400 W de la marca Trina solar.

$$Número\ de\ paneles\ preliminares = \frac{Potencia\ FV\ requerida}{Potencia\ del\ panel} \times 1000$$

Ecu. 2

$$Número\ de\ paneles\ preliminares = \frac{8.3466\ kW}{400\ W} \times 1000 = 20.8666$$

De acuerdo al cálculo anterior, se determinó que se requieren de manera preliminar de 20.8666 paneles de 400 W para cubrir la demanda antes mencionada. Sin

embargo, debemos considerar factores que reducen la capacidad de producción de nuestro sistema, por ejemplo: los días nublados, la eficiencia del inversor, la temperatura del ambiente y la eficiencia de los paneles solares, todo esto se debe contemplar para ser sumado y cubierto por nuestro sistema.

En la figura 35 podemos observar los datos técnicos de nuestro panel solar. Ahí mismo se indica que proporciona 400 W en las condiciones estándar o de laboratorio en que fue probado, es decir a 1.5 de masa de aire, 1000 w/m² de irradiación y 25 °C de temperatura. Sin embargo, en el domicilio no se encuentran esas condiciones estándar, por lo que debemos aumentar un porcentaje de producción para cubrir esas condiciones no estándar. Es recomendable aumentar de un 20 a un 30% extra a nuestro sistema, esto con el fin de cubrir las condiciones no ideales mencionadas anteriormente. En este caso tomaremos el 20%.

Por lo que, podemos calcular con la ecuación 3 el número ideal de paneles para hacer de nuestro sistema lo más eficiente posible.

*Número de paneles = Número de paneles preliminares * 1.20%* Ecu. 3

*Número de paneles = 20.8666 * 1.20% = 25.0399 ≈ 24 paneles* Ecu. 4

De acuerdo a la ecuación 4, se obtuvo que el número ideal de paneles es de 25, sin embargo, cuando se obtiene un número de paneles impar, es recomendable redondear nuestro valor al par inmediato más cercano, en este caso obtuvimos que nuestro número de paneles es 25.0399, el cual es impar, y su redondeo a un número par más cercano es 24. Esto con el fin de evitar conectar cadenas de paneles no balanceadas al inversor, lo que provoca una ineficiencia de nuestro sistema.

Selección del inversor

En el mercado existe una gran variedad de inversores de corriente para sistemas fotovoltaicos interconectados. Marcas como Solis, Fronius, Growatt, ABB etc. Para el caso sistemas interconectados, se puede optar por inversores de cadena o micro

inversores, en este caso de ejemplo, optaremos por seleccionar un inversor de cadena, ya que esta opción es más eficiente y fácil de emplear.

Como ya se calculó anteriormente, la producción de nuestro sistema fotovoltaico deber ser de 8.3466, por lo que debemos seleccionar un inversor que se adapte a ese consumo, sin embargo, debemos considerar el sobredimensionamiento que se realizó previamente, es decir, debemos contemplar los paneles extras que se agregaron para cubrir descompensaciones del sistema. Por lo que es conveniente sobredimensionar el inversor a utilizar, esto lo podemos calcular multiplicando nuestro número de paneles ideales por la capacidad de cada panel.

$$\text{Capacidad del inversor} = \text{Num. de paneles ideales} \times \text{Capacida del panel} \quad \text{Ecu. 5}$$

$$\text{Capacida del inversor} = 24 \text{ paneles} \times 400 \text{ watt} = 9600 \text{ W ó } 9.6 \text{ kW}$$

Una vez obtenida la capacidad del inversor, podremos seleccionar el inversor más conveniente de acuerdo a los requerimientos de nuestro sistema. Para ello, debemos contemplar puntos como:

- Voltaje de red disponible en el domicilio donde se instalará el sistema y voltaje de red del inversor.
- Numero de cadenas o MPPT's que admite cada inversor.
- Que el inversor a seleccionar cuente con certificaciones como la UL¹.

Dentro del catálogo de productos de la marca Solis, podemos encontrar distintas capacidades de inversores con las que cuentan (ver figura 36).

¹ La certificación UL, es emitida por Underwriters Laboratories, es uno de los símbolos con mayor reconocimiento de que un producto cumple con garantía los estándares de seguridad y calidad de los productos en Estados Unidos y de Canadá, lo que le hace altamente competitivo para su libre circulación en los mercados internacionales.



MARCA	CLAVE	MODELO	POTENCIA DE SALIDA	VOLTAJE DE RED	EFICIENCIA	NO. MPPTS
SOLIS	PV-IN-1K4GD-SL	SOLIS MINI 1000 4G	1,000W	220V MONOFÁSICO	96.70%	1
	PV-IN-2K4GD-SL	SOLIS MINI 2000 4G	2,000W	220V MONOFÁSICO	96.70%	1
	PV-IN-2.5K4GD-SL	SOLIS MINI 2500 4G	2,500W	220V MONOFÁSICO	96.70%	1
	PV-IN-3.6K4GD-SL	SOLIS MINI 3600 4G	3,600W	220V MONOFÁSICO	97.50%	1
	PV-IN-5K4GD-SL	SOLIS 5K-4G	5,000W	220V MONOFÁSICO	97.00%	2
	PV-IN-6K4GD-SL	SOLIS 6K-4G	6,000W	220V MONOFÁSICO	98.10%	2
	PV-IN-8K4GD-SL	SOLIS 8K-4G	8,000W	220V MONOFÁSICO	98.10%	3
	PV-IN-10K4GD-SL	SOLIS 10K-4G	10,000W	220V MONOFÁSICO	98.20%	2
	PV-IN-10K-SL	SOLIS 10K-2G LV	10,000W	220V TRIFÁSICO	97.20%	2
	PV-IN-15K-SL	SOLIS 15K	15,000W	480V TRIFÁSICO	98.30%	2
	PV-IN-20K-SL	SOLIS 20K	20,000W	480V TRIFÁSICO	98.60%	4
	PV-IN-30K-SL	SOLIS 30K	30,000W	480V TRIFÁSICO	98.60%	4
	PV-IN-30KLV-SLV	SOLIS 30K-LV	30,000W	220V TRIFÁSICO	97.00%	2
	PV-IN-50K-SL	SOLIS 50K	50,000W	480V TRIFÁSICO	98.80%	4

Figura 39. Catálogo de inversores de la marca Solis.

Como se muestra en la figura 36, se ha seleccionado el modelo Solis-10k-4G, ya que su capacidad es de 10 kW, la cual es adecuada para nuestro sistema.

En la figura 37, se muestra la ficha técnica de dicho inversor, la cual nos será de ayuda para determinar factores importantes, como, por ejemplo: el número de MPPT, voltaje de arranque, potencia máxima recomendada, voltaje máximo de entrada, rango de voltaje por MPPT entre otros.

Modelo	Solis-1P10K-4G
Entrada (CC)	
Potencia de entrada máxima recomendada	11.5kW
Voltaje máxima de entrada	600V
Voltaje de nominal	330V
Voltaje de arranque	120V
Rango de voltaje MPPT	100-500V
Corriente máxima de entrada	10A/10A/10A
Corriente máxima de cortocircuito	15.6A/15.6A/15.6A
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	3/3

Figura 40. Ficha técnica del inversor Solis-10k-4G.

En la figura 37, podemos observar que el inversor que hemos seleccionado admite una potencia máxima de 11,500 W y nuestro sistema suministrará 9,600 W, por lo que se encuentra en un rango menor y por lo tanto es aceptable.

Como se tienen por instalar 24 paneles, debemos deducir cuantas cadenas o MPPTs es conveniente formar, como nuestro inversor admite 3 cadenas, podemos dividir nuestro número de paneles entre el número de cadenas que admite el inversor.

$$\text{Es decir } \frac{24 \text{ paneles}}{3 \text{ cadenas}} = 8 \text{ paneles por cadena}$$

También, la ficha técnica indica que el voltaje máximo en C.D. que se le puede suministrar al inversor por cadena es de 600 v, por lo que debemos comprobar que nuestro sistema no rebase ese valor. Debido a que los paneles se deben conectar en serie, el amperaje se mantiene igual, mientras que el voltaje se incrementa de manera proporcional al número de paneles. Esto, lo podemos determinar multiplicando el voltaje máximo de operación (ver figura 35) por el número de paneles que serán instalados.

$$V.\text{máx de entrada por MPPT} = \text{Voltaje máximo de operacion} \times \text{No. de paneles}$$

Ecu. 6

$$V.\text{máx de entrada por MPPT} = 41.1 \text{ VCD} \times 8 \text{ paneles} = 328.8 \text{ VCD}$$

Una vez obtenido el voltaje máximo de entrada por MPPT, podemos deducir si está dentro del rango aceptable establecido para el inversor, en este caso, 328.8 VCD por cadena, por lo que está dentro del rango aceptable para el inversor seleccionado.

Calculo de protecciones

Protección en Corriente Directa

Las instalaciones eléctricas, tanto de energía solar como corrientes, requieren de unos mecanismos de seguridad, tanto para las personas como para los equipos, que

aseguren el buen funcionamiento de los equipos y que prevengan de posibles incidencias.

Las protecciones de corriente continua (fusibles, descargadores de sobre tensión, varistores etc.) son muy necesarios para el buen funcionamiento de instalaciones de energía solar. Su ausencia en una instalación solar puede causar accidentes, en el peor de los casos, y rotura de algunos de los equipos como reguladores solares o inversores.

Es de vital importancia que cualquier equipo energético tenga una protección que prevenga de posibles accidentes y peligros.

Según el artículo 690-9 de la Secretaría de Energía (2012) establece que, el circuito fotovoltaico de salida, el circuito de salida del inversor y los conductores del circuito de la batería de acumuladores y los equipos, deben estar protegidos contra sobre corrientes.

Consultando la figura 35, se observar que nuestro panel suministra una corriente máxima de operación de 9.74 amperes, sin embargo, es recomendable poner una protección al final de cada cadena y antes de del inversor como se muestra en la figura 38.

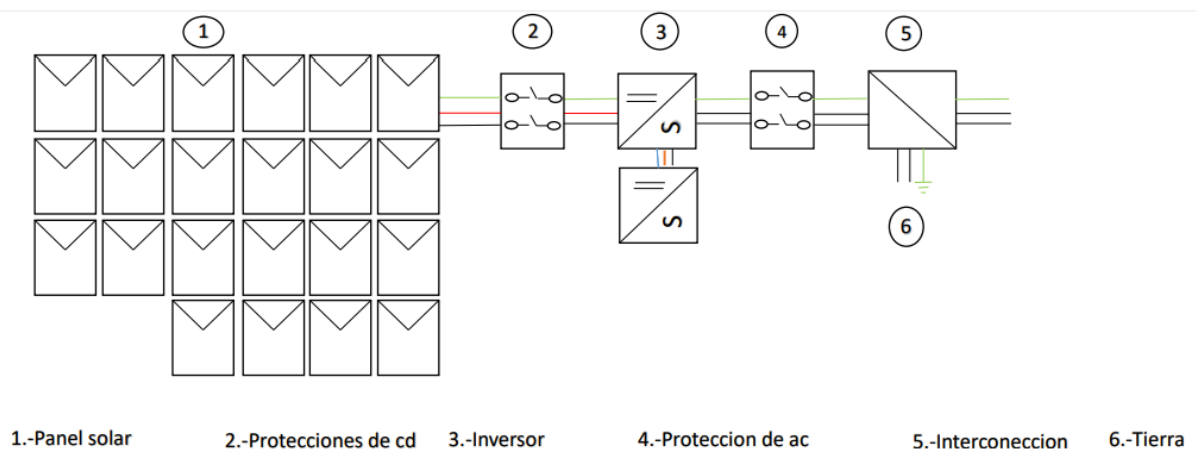


Figura 41. Diagrama unifilar del sistema a instalar

Para conocer la capacidad de las protecciones debemos tomar en cuenta el valor antes mencionado, es decir, 9.74 amperes, y que los paneles estarán conectados en serie, el amperaje se mantiene constante (9.74 A) mientras que el voltaje se

multiplica por el número de paneles, en conclusión, por cada cadena tendremos 9.74 A de corriente y 328 VCD.

Según la NOM-001-SEDE-2012, nuestros dispositivos de protección deben tener un 25% extra de tolerancia, es decir, debemos instalar fusibles que sean de un 25% de capacidad extra. Por lo que tenemos que:

$$Fusibles = 9.74 \text{ A} \times 1.25 = 12.175 \text{ A}$$

Por lo tanto, podemos seleccionar un fusible de 15 amperes, y 1,500 VCD con su correspondiente porta-fusible.

Protección en corriente alterna

Para determinar la capacidad del interruptor termo magnético adecuado, podemos acudir a la ficha técnica de nuestro inversor, para verificar los datos de salida, que se muestran en la figura 39.

Salida (CA)

Potencia nominal de salida	10kW
Potencia máxima de salida aparente	10kVA
Potencia máxima de salida	10kW
Voltaje nominal de la red	1/N/PE, 220V
Frecuencia nominal de la red	60Hz
Corriente nominal de salida de red	45.5A
Corriente máxima de salida	45.9A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)
THDi	<1.5%

Figura 42. Datos de salida en C.A. del inversor.

De acuerdo a la corriente máxima de salida, que es de 45.9 A, podemos deducir la capacidad del interruptor. Considerando el 25% extra que nos sugiere la NOM-001-SEDE-2012, tenemos que:

$$\text{Termomagnético} = 45.9 \text{ A} \times 1.25 = 57.375 \text{ A}$$

Por lo que determinamos que, lo ideal es seleccionar un interruptor de 60 amperes a 240 volts.

Cálculo de conductores

Para determinar el calibre de los conductores podemos acudir a la tabla 3.

Tipo de aislante	TW	RHW,THW, THWN	THHN,XHHW-2 THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Tabla 3. Calibres de conductores de cobre.

Conductores en corriente directa

Como se mencionó anteriormente, debemos utilizar en la parte de corriente directa cable para aplicaciones fotovoltaicas, y para determinar su calibre podemos acudir a la tabla 3. Como se determinó anteriormente, cada cadena conduce 9.74 A, lo cual, el calibre adecuado será el calibre 14 AWG.

Conductores en corriente alterna

En cuanto a la corriente alterna (salida del inversor) tenemos que, la corriente de salida es de 45.9 A, por lo que el calibre adecuado es 6 AWG.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Instalación del sistema fotovoltaico interconectado a la red.

El proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red puede llegar a ser relativamente sencillo y seguro, siempre y cuando se realice por personal capacitado, que cumpla con todas las medidas de seguridad antes mencionadas, y que siga los métodos adecuados para la correcta instalación de dicho sistema.

A continuación, se mostrarán a detalle los pasos para realizar una correcta instalación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red, de acuerdo al cálculo y dimensionamiento previamente realizado; pasando por el estudio de ingeniería y para finalizar con la instalación del sistema de acuerdo a los lineamientos que establecen los artículos 609 y 720 de la NOM-001-SEDE-2012.

Dichas instalaciones las llevaremos a cabo siguiendo las medidas de seguridad que nos indica la NOM-009-STPS-2011, mencionadas en el capítulo 3, ya que dicha norma establece los lineamientos de seguridad para realizar trabajos en alturas.

Una vez que se tengan todos los elementos para instalar en el área dónde se va a trabajar podemos comenzar con el armado de la estructura.

Armado de la estructura

Para armar la estructura correspondiente a cualquier sistema de paneles que necesites instalar debemos considerar diferentes aspectos, como, por ejemplo: número de paneles, inclinación de la superficie donde se anclará la estructura, material del techo o superficie donde se instalará la estructura.

En el mercado existen varias opciones en cuanto a estructuras de aluminio para aplicaciones solares, sin embargo, en este trabajo nos enfocaremos en la estructura marca Everest, debido a su instalación simple y flexible.

Características del sistema de rieles CrossRail Tilt-Up

- ✓ Solución inclinada para obtener el ángulo deseado.
- ✓ Un solo tipo de riel (CR 48-X) para patas delanteras, traseras y riel este-oeste, lo que disminuye el desperdicio de material.

- ✓ Únicamente 5 piezas principales, instalación simple y flexible.
- ✓ Ángulo ajustable (7° - 25°), flexibilidad contra obstáculos y pendientes de techos.
- ✓ Tablas de ingeniería para vientos desde 170 km/h hasta 250 km/h.



Figura 43. Geometría de la estructura fotovoltaica Tilt-Up.

Componentes de la estructura fotovoltaica Tilt-Up

1. Juego de pata L: Su función es brindar soporte al resto de la estructura, ya que permite la fijación del resto de la estructura con el concreto del techo. su ubicación dentro de la estructura se muestra en la figura 45.



Figura 44. Juego de pata L.



Figura 45. Ubicación de la pata L en la geometría de la estructura.

2. Conector de inclinación: Su función es unir las patas traseras con los rieles norte sur. Podemos ver su ubicación dentro de la geometría de la estructura en la figura 47.



Figura 46. Conector de inclinación.



Figura 47. Ubicación del conector de inclinación en la geometría de la estructura.

3. Riel CrossRail 48-X: Su función es brindar soporte y cuerpo a la estructura, son fundamentales para el armado de la estructura. Forma parte de la parrilla donde montan los paneles, así como también forman parte de las patas traseras y centrales. Su longitud comercial es de 4.22 metros, sin embargo, este tipo de riel se puede cortar, o se pueden unir varios de acuerdo al tamaño de nuestro sistema fotovoltaico.



Figura 48. CrossRail 48-X

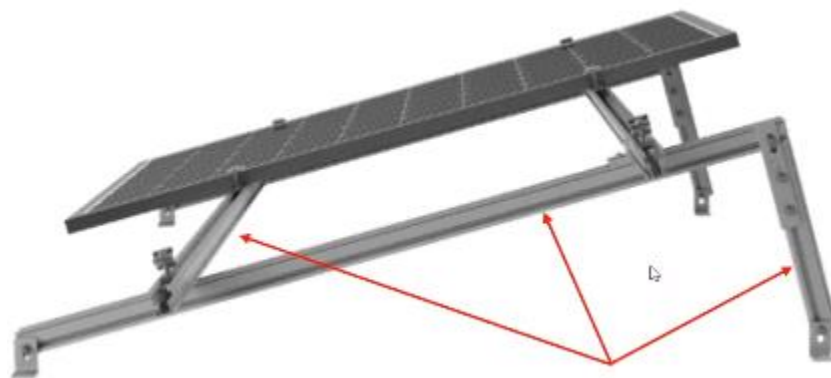


Figura 49. Ubicación de los rieles CrossRail 48-X en la geometría de la estructura.

4. Conector climber: Es fundamental dentro del armado de la estructura, su función es unir los rieles este-oeste con los rieles norte-sur, formando un ángulo de 90°.



Figura 50. Conector Climber.



Figura 51. Ubicación del conector climber en la geometría de la estructura.

5. Herrajes de fijación (Endclamp y MidClamp): Su función es fijar de manera segura a los paneles con la estructura.



Figura 52. Midclamp (izquierda) y Endclamp (derecha).



Figura 53. Ubicación de los herrajes de fijación en la geometría de la estructura.

En caso de que el sistema fotovoltaico sea de un tamaño considerable (más de 8 paneles), se pueden unir los rieles mediante el empalme estructural, como se muestra en la figura 54.

CrossRail 48-X Structural Splice



- ▶ Conexión Estructural Riel con Riel
- ▶ Conexión Eléctrica Riel con Riel (UL 2703)
- ▶ El segmento de riel funciona como un solo riel
- ▶ Eliminan patas adicionales
- ▶ Facilita el diseño
- ▶ Facilita la instalación



Figura 54. Empalme para extensiones de rieles CrossRail 48-X.

Diseño de la estructura

Para determinar el tamaño que tendrá nuestra estructura debemos conocer el número de rieles que necesitamos, para ellos podemos acudir a la ecuación 7.

$$\text{No. de rieles} = \text{No. de paneles} \times 1.3 \quad \text{Ecu. 7}$$

Tomando como ejemplo un sistema de 4 paneles de tamaño estándar (1m de ancho x 2 de alto) podemos calcular que:

$$\text{No. de rieles} = 4 \times 1.3 = 5.2 \text{ rieles}$$

Hemos calculado que necesitamos de 5 rieles completos de 4.22 m de longitud y un tramo extra de 84 cm de riel. De los cuales, siguiendo el ejemplo anterior, utilizaremos dos rieles completos que estarán en la posición este-oeste (ver figura 43). Debido a que se montaran paneles estándar de 1 de ancho, podemos deducir que se pueden montar 4 paneles sobre dos rieles este-oeste como se muestra en la figura 55, sobrando 22 cm para los midclamps y endclamps.

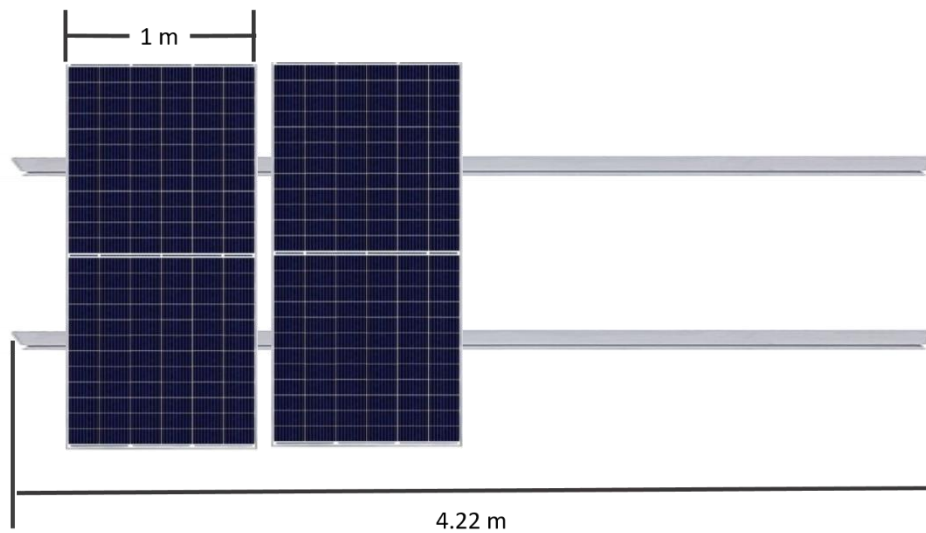


Figura 55. Organización de 4 paneles sobre dos rieles completos.

Para el los rieles norte-sur, podemos determinar su longitud de acuerdo a la altura del panel, como nuestro panel mide 2 m de alto, nuestros rieles norte-sur deberán ser de aproximadamente 2 metros. Para tener un buen soporte se pondrán rieles norte-sur. Quedando como se muestra en a figura 55 y 56.

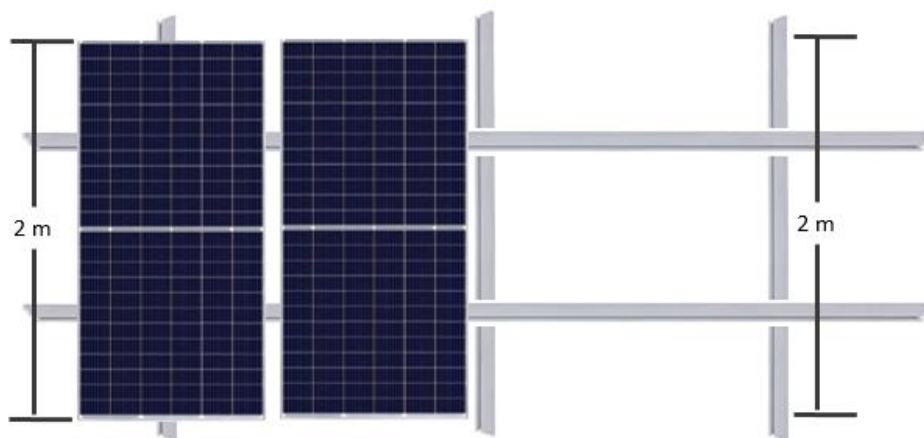


Figura 56. Organización de los rieles norte-sur.



Figura 57. Organización de los rieles norte-sur sobre los rieles este-oeste.

Para determinar la altura de las patas podemos acudir a la ecuación de la razón trigonométrica mostrada en la ecuación 8.

$$\text{Sen}(\theta) = \frac{B}{H} \quad \text{Ecu. 8}$$

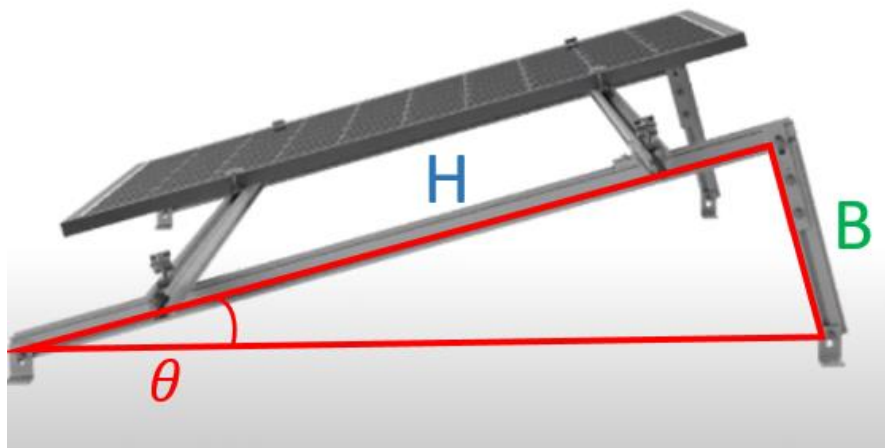


Figura 58. Triángulo rectángulo den la geometría de la estructura fotovoltaica.

Despejando B de la ecuación 8 obtenemos que:

$$B = \text{Sen}(\theta) * H \quad \text{Ecu. 9}$$

Sustituyendo los datos en la ecuación 9 tenemos que H es la longitud del riel norte-sur, el valor de θ lo obtenemos al consultar el ángulo de inclinación optimo (ver

figura 37), de igual forma, el valor del ángulo de inclinación lo obtenemos al consultar la latitud del lugar donde se procederá a instalar.

Como ejemplo, tomaremos un sistema de 4 paneles, con un ángulo de inclinación de 19°. Como ya se mencionó anteriormente, la longitud de los rieles norte sur debe ser igual a la altura de los paneles que se estén manejando, es decir, el valor de H es 2. Por lo tanto:

$$B = \text{Sen}(19) * 2 = 0.65 \text{ metros}$$

Anclado de estructura

Antes de comenzar con el anclado de la estructura, se debe buscar la orientación geográfica que debe tener la estructura. La estructura se debe orientar, de tal modo que los paneles miren hacia el sur (para el caso de Norteamérica), cuidando tener un margen de error de entre 160° y 200°.

1. Para comenzar con el anclado de la estructura debemos marcar las líneas este-oeste y norte-sur sobre la superficie. Posteriormente identificar los puntos donde ambas líneas se crucen perpendicularmente.



Figura 59. Marcado de las líneas este-oeste y norte-sur.

2. Sobre los puntos donde se hayan cruzados perpendicularmente las líneas debemos hacer una perforación con ayuda de un roto martillo y una broca

para concreto de media pulgada. Debemos asegurarnos que la profundidad de la perforación se la misma que la longitud del tornillo que usaremos.



Figura 60. Perforación de la azotea.

3. Posteriormente a la perforación, debemos retirar todo residuo de polvo del interior de la perforación, esto con el fin de maximizar el funcionamiento de sellador. Aplicar sellador en el interior de la perforación.



Figura 61. Aplicación del sellador en la perforación.

4. Introducir el tornillo con taquete expansivo de 1/2 pulgada, se debe introducir con ayuda de un martillo y posteriormente expandir el taquete con ayuda de un atornillador o una llave mecánica.



Figura 62. Introducción del taquete expansivo en la perforación.

5. Aplicar sellador en la base de la pata L.



Figura 63. Aplicación del sellador en la base de la pata L.

6. Colocar la pata L en la perforación y atornillar.



Figura 64. Colocación de la pata L sobre la perforación.

7. Colocar los rieles norte-sur sobre las patas L.



Figura 65. Colocación de los rieles norte-sur sobre las patas L.

8. Colocar las patas traseras sobre la pata L, y armar la pata para su unión con el riel norte sur.



Figura 66. Unión de la pata trasera con el riel norte-sur.

9. Colocar los rieles este-oeste y sujetarlos con el conector climber.



Figura 67. Unión de los rieles norte-sur y este-oeste.

10. Una vez montados todos los rieles se procede a colocar los endclamps y midclamps, sujetando suavemente la mariposa de plástico y girando en sentido horario para asegurarlos de manera correcta al riel.

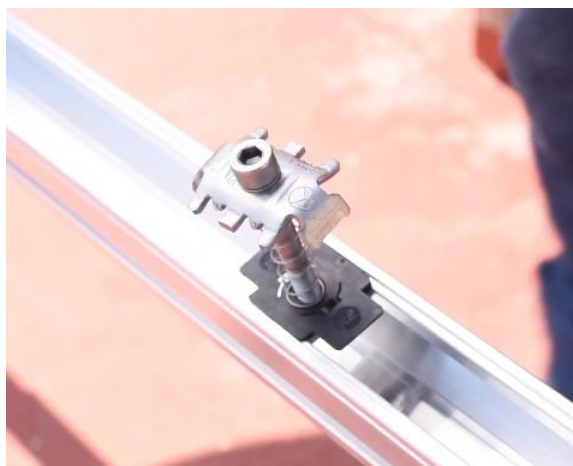


Figura 68. Colocación del midclamp sobre los rieles este-oeste.

11. Montar los paneles sobre la estructura y sujetarlos con sus respectivos midclamps y endclamps.



Figura 69. Montaje y sujeción de los paneles.

12. Colocar el accesorio de tierra para aterrizar la estructura.

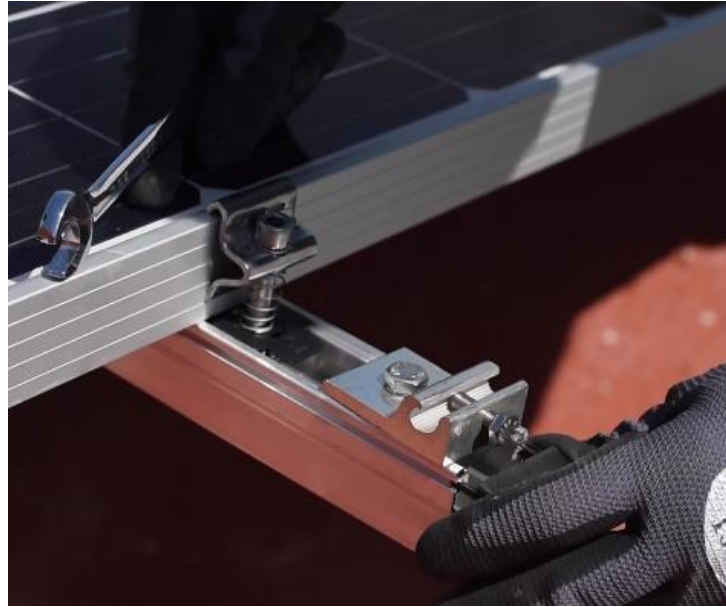


Figura 70. Colocación del accesorio de tierra.

Conexión de paneles

La conexión de paneles se debe hacer en serie, debido a los requerimientos del inversor. Una vez montados los paneles sobre la estructura podemos comenzar con la conexión, cuidando de dejar dos puntas totales, una negativa y una positiva como se muestra en la figura 71.

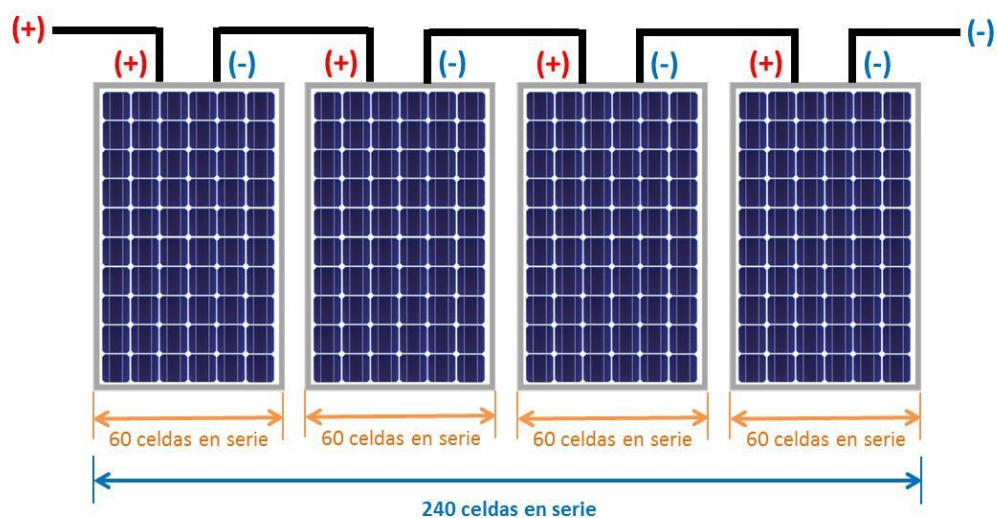


Figura 71. Conexión en serie de los paneles solares.

Montaje del inversor

Una vez tengamos anclada la estructura, los paneles montados y conectados podemos montar el inversor, en ocasiones es recomendable (cuando no hay muros cerca del ducto donde se realizará la trayectoria de C.A.) montar el inversor sobre una pata de la estructura, como se muestra en la figura 72.



Figura 72. Montaje del inversor sobre la estructura misma.

Para montar el inversor de manera segura podemos seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que se encuentren todos los accesorios dentro de la caja del inversor, como son conectores MC4, hoja de montaje, instructivo, terminal de conexión para C.A y tornillería.



Figura 73. Accesorios dentro de la caja del inversor Solis.

2. Atornillar la hoja de montaje sobre el muro o estructura correspondiente, asegurando que quede perfectamente nivelada, este se logra con ayuda de un nivel de burbuja como se muestra en la figura 74, logrando así colocar las marca en el muro donde se harán las perforaciones para los taquetes y tornillos que fijaran la hoja de montaje.



Figura 74. Nivelado de la hoja de montaje.



Figura 75. Atornillado de la hoja de montaje sobre el muro.

3. Montar el inversor sobre su hoja de montaje, verificando que las pestañas de la hoja se deslicen suavemente en las ranuras laterales del inversor (ver figura 76).



Figura 76. Montado del inversor sobre su hoja de montaje.

Instalación de protecciones en corriente directa

Para comenzar la instalación de las protecciones en C.D., debemos montar en la misma estructura el gabinete que guarda y protege al fusible y porta-fusible (ver figura 77).



Figura 77. Montaje del gabinete.

Para conectar los porta-fisibles debemos interrumpir la salida positiva de los paneles solares, es decir, los fusibles están entre los paneles y el inversor. Con el fin de proteger al inversor de una sobre corriente. En la figura 78 podemos ver como conectar las salidas positivas de los paneles.

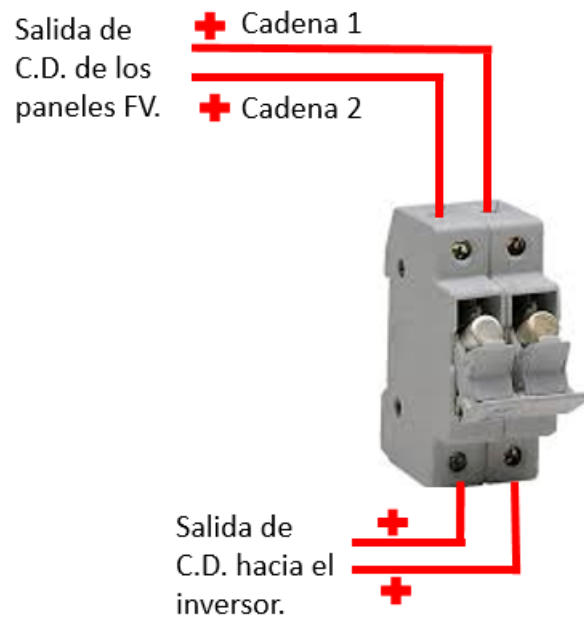


Figura 78. conexión de las salidas positivas de los paneles en los porta-fusibles.

Es necesario realizar extensiones con cable fotovoltaico y conectores MC4 para conectar los paneles a la porta fusibles, como se muestra en la figura 79.

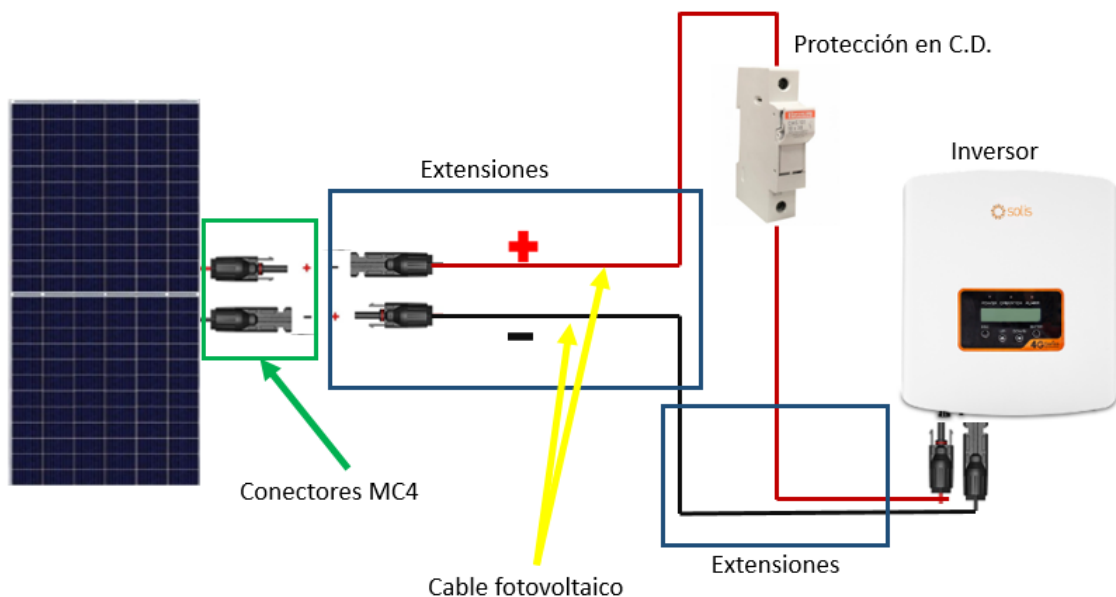


Figura 79. Diagrama de conexión en la parte de corriente directa.

A continuación, se muestra como hacer el ponchado de los conectores MC4 con el cable fotovoltaico.

1. Una vez que se tenga medido el cable con la longitud necesaria para la extensión se debe retirar el forro protector del cable fotovoltaico aproximadamente 1 cm con ayuda de una pinza pela cables.
2. Una vez pelado el cable, procedemos a colocar la terminal de metal (macho o hembra) sobre los hilos peinados de cable y con ayuda de la pinza ponchadora de MC4 se procede a ponchar la terminal de metal con el cable.



Figura 80. Ponchado de la terminal positiva (macho) en el cable fotovoltaico.

3. Colocar la terminal de metal dentro del conector MC4 hasta escuchar un clic, y apretar el empaque (rosca) en la parte inferior del MC4.



Figura 81. Colocación del conector MC4 en la terminal de metal.

4. Repetir los 3 pasos anteriores para el extremo restante del tramo de cable designado, ponchando el conector contrario al primero.

Una vez conectados, podemos montar los porta-fusibles en su respectivo gabinete, como se muestra en la figura 82. Y conectar la salida interrumpida de los positivos y los negativos en el inversor mediante los conectores MC4.



Figura 82. Sistema de protección en corriente directa.



Figura 83. Resultado final del montaje y conexión del gabinete de C.D. con el inversor.

Conexión de corriente alterna al inversor

Para comenzar con la conexión de C.A. al inversor, primeramente, debemos conducir 3 hilos, (3 cables), que se hayan determinado usar, por ductos existentes el en inmueble, que conduzcan directamente al tablero genera del inmueble a la azotea donde se haya instalado el sistema. En caso de no existir ductos disponibles se puede acudir a instalar una canalización externa, por medio de tubos conduit rígido y/o flexible.



Figura 84. Canalización externa por medio de tubos conduit rígidos y flexibles tipo liquid tight.

Una vez que tengamos los cables de alterna dentro de los ductos podemos conectarlos al inversor con ayuda de la terminal de C.A.

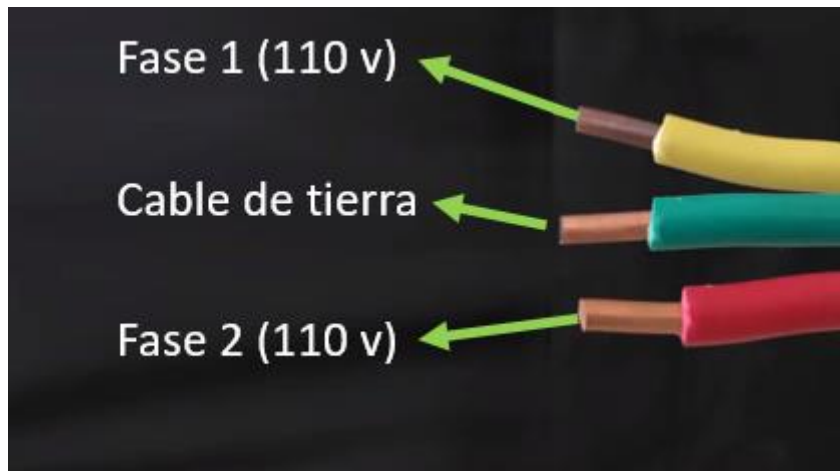


Figura 85. Identificación de cada hilo dentro de los ductos.

De acuerdo a la figura 85, podremos conectar las puntas de los cables en el la terminal de C.A., dicha terminal tiene indicado en cada borne cual es función (L1, L2 y tierra)



Figura 86. Armado de la terminal de C.A.

Finalmente conectamos la terminal armada en la sección de C.A. ubicada en la cara inferior del inversor, además de conectar la antena de monitoreo Wi-Fi y las cadenas de paneles en C.D.



Figura 87. Conexión de la terminal de C.A. en el inversor.



Figura 88. Conexión de la antena de monitoreo Wi-Fi.



Figura 89. Conexión de las cadenas de paneles en el inversor en la sección de C.D.

Finalmente, debemos interconectar nuestro cable que sale de la sección de C.A. del inversor y que conduce y termina en el tablero de control. Para ellos, se necesita del interruptor termo magnético previamente calculado. Como se muestra en la figura 86, se necesita conectar las dos fases (cargas) en la sección de cargas del termo magnético doble. Logrando así, que por cada hilo o fase tengamos una tensión de 110 V, teniendo como total 220 V. el cable de tierra debe ser atornillado en la barra de tierras del tablero.

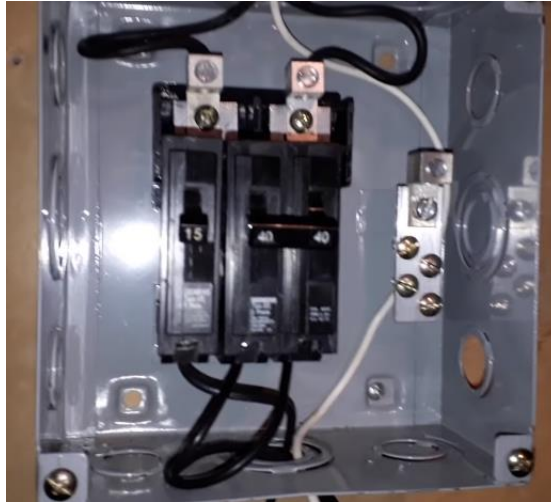


Figura 90. Conexión del interruptor termo magnético den el tablero de control.

Para verificar que nuestro sistema funcione, debemos encender el inversor, colocando la perilla en posición de encendido (ON).



Figura 91. Perilla de encendido del inversor.

Una vez encendido el inversor, se procede a poner en posición de encendido el interruptor termo magnético para enviar tensión alterna al inversor. Debemos esperar un lapso de 10 a 15 minutos para que el inversor muestre un estado de operación, de igual forma, transcurrido el tiempo de espera mencionado, podremos observar en la pantalla del inversor la cantidad de Watts que se han generado (ver figura 92).



Figura 92. Operación del inversor Solis.

RECOMENDACIONES

- Cuando de adquirir una estructura solar, es recomendable adquirir la marca Everest, debido a su facilidad de modulación, armado, anclaje y sus componentes de fijación hacen que la instalación sea más rápida y segura.
- Los paneles solares al estar expuestos a la luz del día generan voltaje, y por lo tanto amperaje, es por ello que durante todo el proceso de instalación el arreglo final de paneles (las dos puntas resultantes de cada cadena) permanezcan desconectas de cualquier extensión o del inversor. Debido a que, cuando sea el momento de instalar las protecciones en C.D. se debe manipular pedazos de cable fotovoltaico desnudo. Y por motivos de seguridad del personal, la parte tanto como de C.D. como de C.A. sean conectadas siempre y cuando se haya llegado al 100% de la instalación.
- Al finalizar el anclaje de la estructura, se recomienda cubrir con impermeabilizante la pata L junto con el tornillo, esto para evitar filtraciones de agua dentro del inmueble.
- Se debe tener especial cuidado al momento de manipular la corriente alterna, ya que en ocasiones se debe trabajar con líneas vivías, por lo que se debe evitar el contacto entre las dos fases, ya que, de ser así, le costaría a vida a quien se encuentre manipulando la corriente alterna. Del mismo modo se debe evitar el contacto entre una fase y tierra, ya que podría ocasionar una falla en la red eléctrica de la zona.

CONCLUSIONES

El optar por nuevas alternativas de energía debe ser algo muy común para hoy en día, ya que de eso depende nuestro futuro.

La energía fotovoltaica es una buena opción como alternativa a las energías tradicionales que además de tener un límite generan daños al medio ambiente, la energía solar fotovoltaica es limpia, no genera mayores daños al medio ambiente, además de que es una fuente de energía inagotable, es de gran utilidad en zonas donde es muy difícil el acceso de la red eléctrica. No genera mayores gastos después de su instalación, los gastos que surgen después son de simple mantenimiento y son mínimos este tipo de sistemas nos pueden brindar energía durante 20 años en promedio, usando este tipo de energía contribuimos a la conservación del medio ambiente, y al mismo tiempo generamos ahorro tanto energético como económico, que se verán reflejados en nuestros bolsillos en un corto periodo de tiempo.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

Desarrollo sustentable: Aplicar tecnologías, que en este caso son sistemas fotovoltaicos autónomos e interconectados, a proyectos donde se busca no depender de la energía eléctrica convencional y al mismo tiempo generar empleos. Como es el caso de una instalación de un sistema autónomo de 2000 W que llevamos a cabo para una clínica de rehabilitación de adicciones, el cual está apartado de la ciudad, ubicada en el municipio de Aparátalo en el estado de Querétaro.

Circuitos eléctricos en Corriente directa: Mi estancia en esta empresa me sirvió para aplicar de manera práctica mis competencias adquiridas en la materia antes mencionada, ya que, los paneles funcionan produciendo corriente directa, por lo tanto, es fundamental conocer de circuitos en C.D.

Circuitos eléctricos en corriente alterna: la manipulación y entendimiento de los circuitos en corriente alterna fue una competencia que desarrolle de forma significativa durante mis residencias profesionales en la empresa.

Ahorro de energía: el comprender los principios o métodos para ahorrar energía es una competencia que he desarrollado de manera considerable, debido a que uno de los objetivos de los sistemas fotovoltaicos es el ahorro de energía eléctrica.

Energías renovables: Una de las competencias con mayor valor la cual he desarrollado en mis residencias, ya que, puse en práctica cálculos como: dimensionamientos, estudios de solarimetría, identificar ventajas y desventajas etc.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Carballo, G. A. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *Revista electrónica de veterinaria.*, 1-4.
- Fernández, J. (2003). *Energía de la biomasa*. Obtenido de Energías renovables para el desarrollo.: <http://media1.webgarden.es/files/media1:4befe685c2de5.pdf.upl/E.Biomasa.pdf>
- Gasca, C. A., & Samperio, J. I. (2010). *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. México: Academia Mexicana de Ciencias .
- Gracia, J. F. (2016). *Energía eólica, una alternativa para mejorar el futuro de México*. Obtenido de Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula, 3(5).: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/atotonilco/article/download/1478/5074?inline=1>
- Instituto Tecnológico de Canarias . (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Gobierno de Canarias.
- Leal, C., & Leal, J. (2015). Radiación Solar en proyectos urbanos. *Opinión*, 12-18.
- Portillo, S. R. (03 de junio de 2020). *ecologia verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/energia-biomasa-ventajas-y-desventajas-2803.html>
- Romo, D., & Galina, S. (2008). El futuro de los energéticos en la globalización. *Análisis Económico*, 305-327.
- Secretaría de Energía . (1 de Enero de 2012). *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE 2010 INSTALACIONES ELÉCTRICAS (utilización)*. México, México, México: SeGob.
- Secretaría de Energía. (2008). Energía Solar. *Energías Renovables*, 13-26.

Secretaría de Energía. (2017). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2017 - 2031*. México: SeGob.

Secretaría del Medio Ambiente. (20 de febrero de 2018). Cambio climático, lo que debes saber. Ciudad de México, Ciudad de México, México.

Secretaria del Trabajo y Previsión Social . (6 de Mayo de 2011). *NORMA Oficial Mexicana NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura*. . México, México: Diario Oficial de la Federación.

SENER. (2016). *Prospectiva de Energías Renovables 2016 - 2016*. México.