

Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez

Ingeniería Eléctrica

Reporte de Residencia

Diseñar e implementar un sistema para una vivienda sustentable, basada en arquitectura bioclimática, eco eficiencia y sistemas energéticos renovables

Asesor externo:

Dr. Nein Farrera Vázquez

Asesor interno:

M. en C. Rafael Mota Grajales

Alumno:

Erwin Obeth Gutiérrez López

William Castellanos Hernández

Tuxtla Gutiérrez Chiapas

Índice	pág.
1. Introducción.....	7
1.1 Antecedentes	7
1.2 Estado del Arte.....	8
1.3 Justificación.....	9
1.4 Objetivos	9
1.5 Metodología	10
2. Fundamento Teórico	14
2.1 Generalidades de localización	14
2.2 Justificación del lugar	15
3. Aspectos Preliminares.....	15
3.1 Planeamiento de la investigación.....	15
3.2 Formulación del problema.....	16
3.3 Enfoque del estudio	16
4. Comunidades Rurales en Chiapas	17
4.1 Normas para la edificación de viviendas.....	17
4.2 Características de las viviendas rurales.....	20
4.2.1 Zonas de México con más poblaciones rurales	20
4.2.2 Criterios que distinguen entre una comunidad rural y una población.....	22

4.2.3	Vinculo entre las comunidades rurales y el centro urbano.....	24
4.2.4	Infraestructura básica y servicios en la comunidad rural	25
4.2.5	Estrategias para el ordenamiento del territorio rural de un municipio	27
4.2.6	Criterios para la preservación de los recursos naturales de una región	29
5.	Vivienda sustentable.....	31
5.1	Principios fundamentales de la vivienda sustentable	31
5.2	Evaluación de sustentabilidad.....	34
5.3	Determinación de espacios de la vivienda sustentable.....	35
5.3.1	Adaptación de la vivienda: vivienda vs ambiente y energías verdes.	36
5.3.2	Ecotécnicas o eco tecnologías de bajo costo aplicables a las viviendas .	37
5.4	Aplicaciones para la vivienda sustentable.....	38
6.	Arquitectura Bioclimática	40
6.1	Clima.....	40
6.2	Diseño de vivienda con arquitectura bioclimática.....	42
6.3	Aspectos preliminares de la arquitectura bioclimática.....	42
6.3.1	Movimientos característicos de la tierra	43
6.3.2	Carta psicometrica	45
6.4	Requerimientos y estrategias para la climatización pasiva por bioclimática	46

6.5 recomendaciones bioclimáticas para el diseño de la vivienda	48
6.6. Energías Renovables	48
6.7 Uso eficiente de la energía y energías renovables	68
6.8 Energía solar	69
6.8.1 Radiación e Irradiación	71
6.8.2 Fundamentos de celdas fotovoltaicas	73
6.8.3 Tipos de celdas solares	74
6.9 Posicionamiento y orientación de los paneles fotovoltaicos y condiciones óptimas para mejor aprovechamiento de la energía solar	80
6.9.1 Mantenimiento de la instalación	81
6.10 Energía Eólica	82
6.10.1 La Generación de electricidad mediante el sistema Eólico	87
6.10.2 Aerogeneradores	88
6.10.3 Clasificación de los aerogeneradores	89
6.10.4 Clasificación por la posición del equipo con respecto al viento	90
6.10.5 Clasificación por el número de palas	92
6.10.6 Aplicaciones	92
6.10.7 Componentes de un aerogenerador de eje horizontal	93
6.10.8 Principios de funcionamiento	95

6.10.9 Características del viento.....	96
6.11 Análisis del viento	97
6.11.1 Emplazamiento y mantenimiento del aerogenerador.....	98
7. Sistemas híbridos.....	100
7.1 Instalaciones aisladas de la red eléctrica.....	100
7.2 Instalaciones híbridas	102
7.2.1 Descripción y funcionamiento de un sistema híbrido	103
7.2.2 Configuración de los sistemas híbridos	103
7.3 Ventajas de los sistemas híbridos.....	104
7.4 Aplicaciones de los sistemas híbridos.....	104
7.5 Clases de Sistemas Híbridos	105
7.5.1 Sistema fotovoltaico con minihidráulica	105
7.5.2 Sistema fotovoltaico con un grupo electrógeno de pequeña potencia .	105
7.5.3 Sistema fotovoltaico con energía eólica.....	106
7.5.4 Sistema fotovoltaico con energía eólica y grupo electrógeno	106
7.6 Inversores	106
7.6.1 Clasificación de los Inversores	110
7.7 Baterías.....	111

7.7.1 Tipos de Baterías.....	114
7.8 Reguladores de carga.....	117
7.8.1 Sistema de regulación.	118
7.8.2 Indicadores de estado.....	119
7.8.3 Parámetros del regulador	120
8. Conclusiones y Recomendaciones.....	120
9. Anexos	122
10. Referencias bibliográficas	128

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez existen alrededor de 143,852 viviendas registradas en 2010, en el cual el promedio de habitantes es de 3.8 personas por viviendas. La construcción de una vivienda sustentable es un reto que evoluciona de manera continua. Una vez que se establecen preguntas de partida, las respuestas generan nuevos cuestionamientos que deben resolverse enfrentando paradigmas cada vez más complejos.

En este marco, México desarrolla programas de vivienda cuyo objetivo principal es la construcción de hogares que permitan a sus habitantes desarrollarse de manera plena e integral en un ambiente seguro, con infraestructura y equipamiento adecuado y suficiente para los distintos segmentos de la población. La vivienda sustentable apoya estos objetivos disminuyendo por un lado los costos de operación de la misma, y por otro la generación de emisiones de contaminantes.

Los ahorros generados en consumo de agua, luz y gas, comprobados a través de los programas creados en los últimos años, permiten a las familias asignar recursos hacia rubros como la educación y la salud. Estos ahorros no sólo se reflejan en la economía familiar, sino también en el ahorro de subsidios al consumo energético, lo que permite optimizar inversiones en infraestructura a través de la evaluación de la demanda suprimida.

Un interesante caso, es la población chiapaneca que en los últimos años viene experimentando importantes cambios sociales, políticos, culturales y económicos; además de las condiciones derivadas de los factores orográficos que dificultan el avance socioeconómico de regiones que presentan una marcada dispersión poblacional y aún más en las comunidades indígenas.

En Chiapas, la falta de infraestructura en comunicaciones y transporte, dificultan el desarrollo agrícola y ganadero en el ámbito rural, prevaleciendo un nivel de pobreza a pesar de sus riquezas naturales. Es necesario emprender acciones que permitan la mejora de las condiciones de vida de sus habitantes y al mismo tiempo manejar de manera sustentable los recursos con los que cuenta.

Es necesario emprender acciones que permitan la mejora de las condiciones de vida de sus habitantes y al mismo tiempo manejar de manera sustentable los recursos con los que cuenta, para ello se debe conocer a la problemática, así como también sus potencialidades humanas y naturales para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales en nuestro entorno y así preservar las áreas que aún nos quedan en el estado de Chiapas.

1.2 Estado del Arte

La CONAVI menciona que “el objeto de los indicadores de sustentabilidad debe ser, proporcionar información sobre el estado de la relación entre la sociedad y el mejoramiento o empeoramiento de la calidad del medio ambiente, asimismo deben señalar si esa sociedad está en el rumbo sustentable. En otras palabras, deben reflejar los cambios temporales en las condiciones biofísicas del medio ambiente, si esos cambios afectan a la salud humana y el bienestar social.

La universidad autónoma de Guadalajara En dicho objetivo se establecen las estrategias 1 “Transitar hacia un Modelo de Desarrollo Urbano Sustentable e Inteligente que procure vivienda digna para los mexicanos” y 2 “Lograr una mayor y mejor coordinación interinstitucional que garantice la concurrencia y corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno, para el ordenamiento sustentable del territorio, así como para el impulso al desarrollo regional y vivienda.

La Universidad del Valle de México (UVM) campus Tuxtla, anunció que de manera conjunta con la de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) y Autónoma de Chiapas, (UNACH) comenzará la construcción de viviendas sustentables en zonas rurales de la entidad. La universidad autónoma de Chiapas (UNACH) en coordinación con las autónomas de Guadalajara, sonora, y ciudad Juárez anunciaron la creación del laboratorio nacional de vivienda sustentable y comunidades rurales.

El Instituto Politécnico Nacional desarrollo el proyecto de una vivienda bioclimática con paneles modulares y materiales aislantes alternativos para la ciudad de Oaxaca, Oaxaca, donde se establecen estrategias de adecuación ambiental basada en una carta psicométrica, un modelo de confort térmico y ahorro de energía mediante una climatización artificial.

El instituto politécnico nacional en conjunto con la escuela de ingeniería mecánica eléctrica, desarrollaron un sistema híbrido de generación de energía eléctrica Eólico-Fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico. Consiste en el aprovechamiento de recursos renovables como lo son la radiación solar, el movimiento del aire y utilizando así la tecnología requerida para suministrar la carga eléctrica a la vivienda.

1.3 Justificación

El enfoque del estudio A lo largo de la República Mexicana existen lugares con marginación y pobreza en donde a pesar de los recursos que el gobierno canaliza no se ha podido lograr un desarrollo rural que permita minimizarlo; un caso particular de estudio es el de las localidades del estado de Chiapas ubicadas en los alrededores de Tuxtla Gutiérrez, donde la situación de pobreza y marginación predominan.

Se carece de información que permita entender la situación que prevalece en el medio rural con el cual, el gobierno pueda tomar mejores decisiones en cuanto a la eficacia de sus programas de apoyo. Por lo anterior, es importante que se empiecen con pequeñas investigaciones a manera de diagnóstico que permitan entender la situación de dichas comunidades marginadas para así planificar y tomar medidas necesarias y eficaces que lleven a lograr un desarrollo rural.

Como se plantea en la formulación del problema, esta investigación pretende abarcar los aspectos económicos, sociales y ambientales de las comunidades en estudio, y con ello poder tomar las medidas necesarias que lleven a los integrantes de la comunidad, mejorar la calidad de vida, disminuir los índices de pobreza y contribuir en cierta medida a lograr lo deseado y cumplir con el objetivo implicado en un desarrollo rural.

1.4 Objetivos

Diseñar e implementar un sistema para una vivienda sustentable basada en arquitectura bioclimática, eco eficiencia y sistemas energéticos renovables.

1.5 Metodología

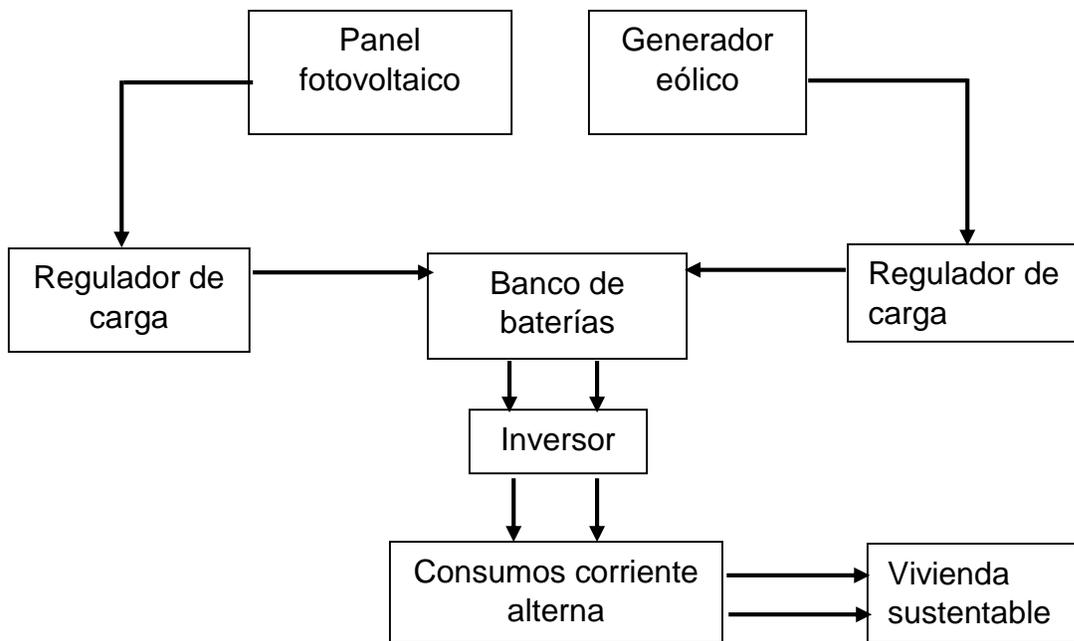


Fig.1.2 Diagrama a bloques hardware.

La corriente la tensión a las que opera un dispositivo fotovoltaico está determinada por la radiación incidente, la temperatura ambiente, la carga conectada al mismo, hay que tener en cuenta que la tensión disminuye con la temperatura cambia en forma exponencial con la radiación solar la celda que suministra a la carga interior aumentando ligeramente con la temperatura.

En algunos casos el sistema fotovoltaico aislados se puede complementar con otros sistemas energéticos renovables, a fin de tener mayores garantías de disponer de electricidad, cuando un sistema fotovoltaico además del generador incorpora otro generador de energía se denomina sistema híbrido, en general se utiliza la energía eólica.

Esas combinaciones se dan para aprovechar algunos recursos energéticos localizados cerca de la instalación para tener mayor fiabilidad en el suministro de

energía eléctrica. Normalmente la generación fotovoltaica es compatible con cualquier otra generación eléctrica, es por eso que optamos por obtener energía eléctrica mediante los paneles fotovoltaicos.

El proyecto de la vivienda sustentable, está conectada a paneles fotovoltaicos. El objetivo principal del presente consiste en evaluar la sustentabilidad de la vivienda de interés social en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas a través de una metodología capaz de integrar indicadores ambientales, económicos, sociales y tomando en cuenta el confort térmico de la vivienda.

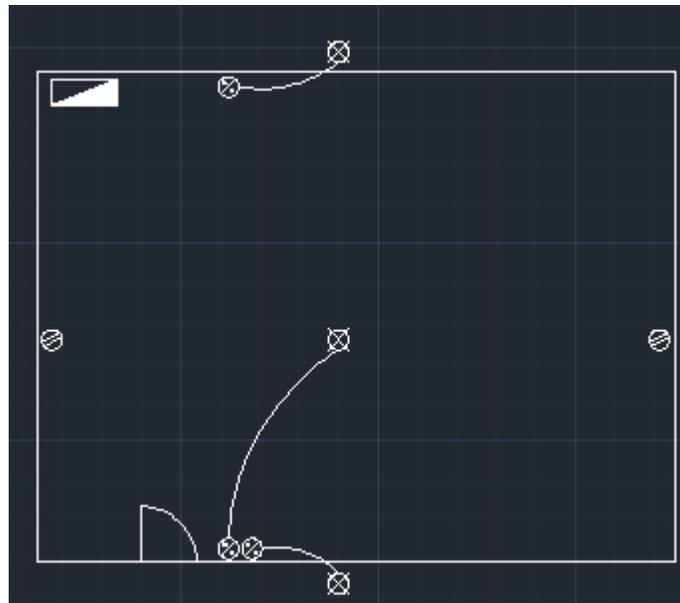


Fig. 1.3 Diagrama unifilar vista superior.

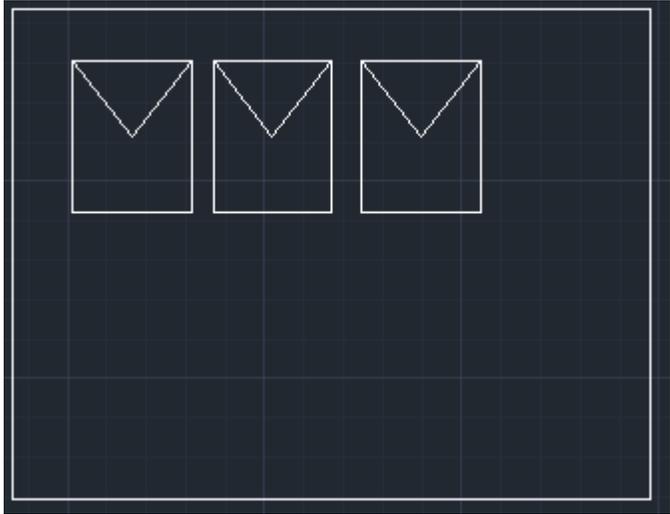


Fig. 1.4 vista superior de los paneles



Fig. 1.5 plano en AutoCAD.

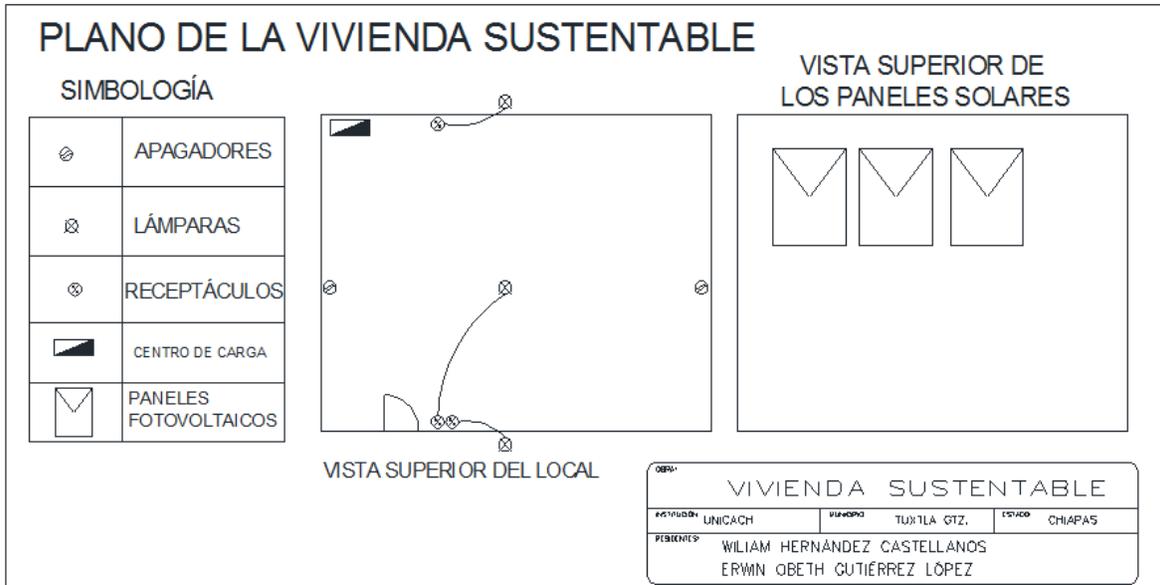
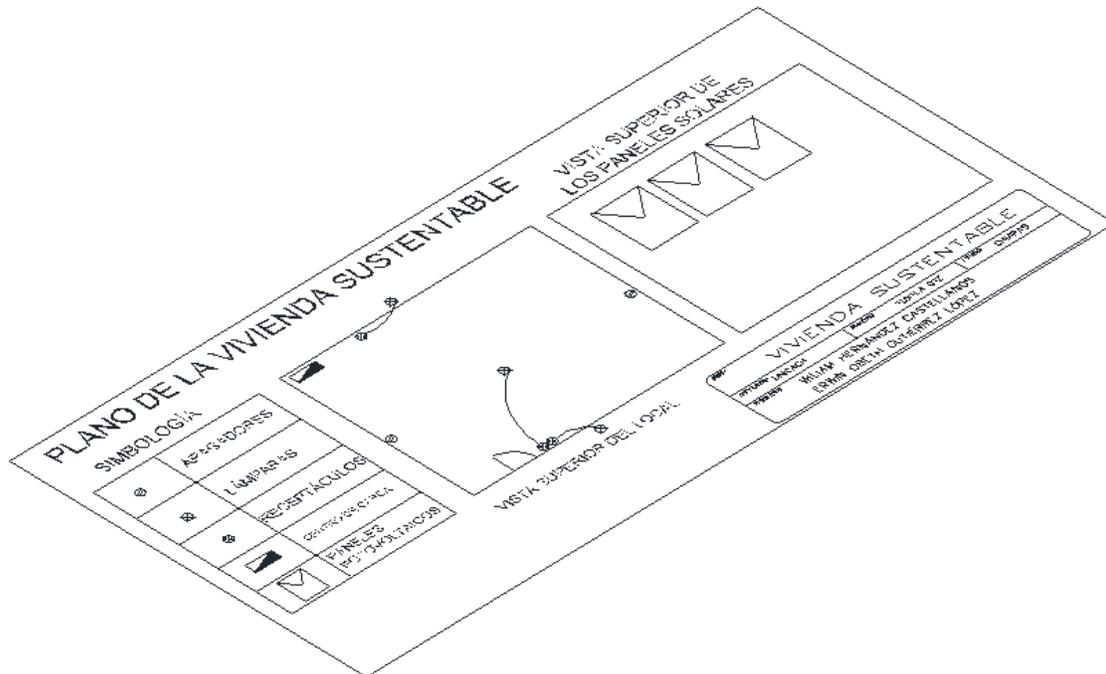


Fig. 1.6 plano en AutoCAD.



Estimar el impacto ambiental directo e indirecto de la vivienda de interés social a través de un análisis de ciclo de vida, Estimar los cambios en los gastos y en la formación de patrimonio de las familias que habitan en viviendas. Identificar las prácticas empresariales y políticas públicas que tendrán un mayor impacto sobre el desempeño ambiental, económico y social de la vivienda.

2. Fundamento Teórico

2.1 Generalidades de localización

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez se encuentra a una altitud de 520 m.s.n.m, la temperatura máxima extrema se encuentra a 45°C, su temperatura mínima es de 13°C, la velocidad máxima del viento es de 120km/hr, la humedad relativa es de promedio mensual del mes más alto es del 80%, la máxima precipitación pluvial del mes en 24 horas es de 398.4mm. Pero no solo tomaremos datos de Tuxtla sino también de diferentes lugares del estado de Chiapas.

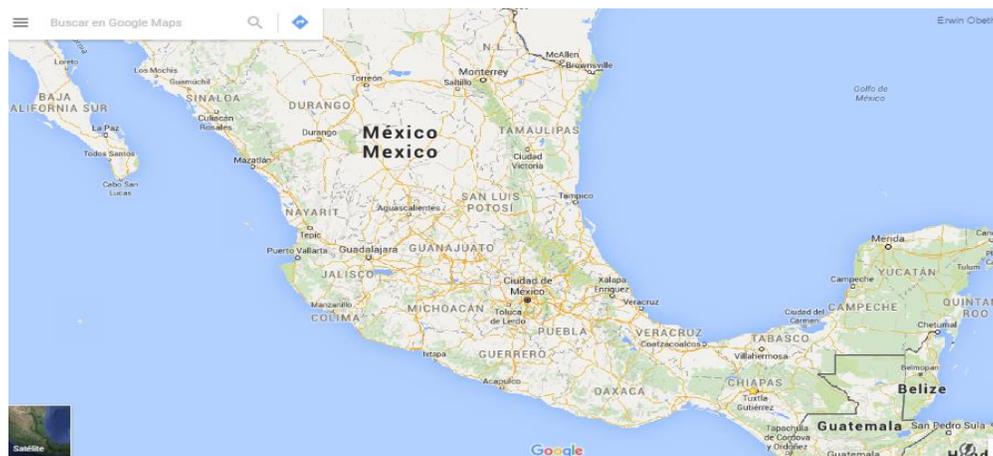


Fig. 2.2 localización del estado de Chiapas en la república mexicana.

La superficie territorial es 74,415 km². Chiapas es el octavo estado más grande en la República Mexicana, en porcentaje territorial representa el 3.8 % de la superficie del país, la extensión de la frontera Sur abarca 658.5 kilómetros, que representan el 57.3 por ciento del porcentaje total de la extensión de la Frontera Sur y su extensión de litoral es de 260 kilómetros, vemos la ubicación del estado de Chiapas a través de Google Maps en la figura 2.2.

Se conforma de 122 municipios, mismos que se distribuyen en 15 regiones: Región I. Metropolitana, Región II. Valles Zoque, Región III. Mezcalapa, Región IV. De los Llanos, Región V. Altos Tsotsil-Tseltal, Región VI. Frailesca, Región VII. De Los Bosques, Región VIII. Norte, Región IX. Istmo-Costa, Región X. Soconusco, Región XI. Sierra Mariscal, Región XII. Selva Lacandona, Región XIII. Maya, Región XIV. Tulijá Tzeltal Chol y Región XV. Meseta Comiteca Tropical.

La capital del estado es Tuxtla Gutiérrez, sus principales ciudades son: Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de Las Casas, Tapachula, Palenque, Comitán y Chiapa de Corzo. las regiones fisiográficas son: Llanura Costera del Pacífico, Sierra Madre de Chiapas, Depresión Central, Altiplano Central, Montañas del Norte, Montañas del Oriente y Llanura Costera del Golfo.

2.2 Justificación del lugar

La presente localización del estado de Chiapas ha sido adecuada para satisfacer las necesidades de los habitantes en propuesta de una vivienda sustentable. Por el momento, el estado no cuenta con alternativas para un mejoramiento de vivienda, en algunos casos los municipios incluso no cuentan con la energía eléctrica por al motivo es que se propone utilizar energías renovables.

Los asentamientos irregulares, añadiendo el incremento de la mancha urbana de este estado, ha ocasionado un problema mayor en esta zona tanto a los municipios, debido a que la población demanda los servicios básicos, así también a CFE, la cual su principal objetivo es de proporcionar el suministro eléctrico a la población Mexicana pero en esa ocasión se trata de poblaciones marginadas donde la energía eléctrica aun no llega.

3. Aspectos Preliminares

3.1 Planeamiento de la investigación

En las zonas rurales de México, la calidad de las viviendas y su impacto al medio ambiente son los problemas actuales que aún no son atendidos eficientemente. Con el objetivo de obtener viviendas sustentables en el estado de Chiapas, se propone incorporar estrategias en el diseño ecotecnias de bajo costo para el cuidado del medio ambiente.

Estas estrategias consisten en proteger y conservar el agua, minimizar el consumo de energía y los recursos naturales, el desarrollo urbano, el manejo de desechos, utilizar materiales y sistemas de construcción amigables con el medio ambiente, entre otros. En ese trabajo se establecen los lineamientos y recomendaciones según el cambio bioclimático y las características de la región de estudio.

3.2 Formulación del problema

A lo largo del tiempo, el crecimiento poblacional de Chiapas se ha dado de manera desordenada. De 1970 al año 2005, se crearon en Chiapas 11,646 nuevas localidades, derivado a ese régimen de poblamiento de Chiapas, en el año 2005 el universo de localidades llegó a un total de 19,386 localidades, de las cuales, 19,237 tiene menos de 2,500 habitantes, 14,346 localidades menos de 100 habitantes, 12,561 menos de 50 habitantes, datos obtenidos por la INEGI.

A este crecimiento poblacional profundamente disperso, se suma accidentada orografía que dificulta el otorgamiento de la dotación de servicios e infraestructura para el desarrollo, en detrimento de la calidad de vida de la población. Estas comunidades se encuentran en rezagos sociales lo que implica problemas de salud, bajo nivel educativo, desempleo, migración, malas condiciones de viviendas, infraestructuras deficientes, medio de transporte y el confort.

3.3 Enfoque del estudio

A lo largo de la República Mexicana existen lugares con marginación y pobreza en donde a pesar de los recursos que el gobierno canaliza no se ha podido lograr un desarrollo rural que permita minimizarlo; un caso particular de estudio es el de las localidades de Chiapas ubicadas en los alrededores de Tuxtla Gutiérrez, donde la situación de pobreza y marginación predominan.

Se carece de información que permita entender la situación que prevalece en el medio rural con el cual, el gobierno pueda tomar mejores decisiones en cuanto a la eficacia de sus programas de apoyo, es importante que se empiecen con pequeñas investigaciones a manera de diagnóstico que permitan entender la situación de dichas comunidades marginadas para así planificar y tomar medidas necesarias y eficaces que lleven a lograr un desarrollo de viviendas.

4. Comunidades Rurales en Chiapas

4.1 Normas para la edificación de viviendas

La norma más actual en cuestión de edificación sustentable es (NMX-AA-164-SCFI-2013) EDIFICACIÓN SUSTENTABLE. CRITERIOS Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES. Mínimo que de manera habrá que respetar, sin embargo al ser NMX su aplicación no es totalmente obligatoria difícil de hacerlo en la vivienda rural sin embargo se debe cumplir en un futuro [3].

1. OBJETIVO: Esta norma mexicana especifica los criterios y requerimientos ambientales mínimos de una edificación sustentable para contribuir en la mitigación de impactos ambientales y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, sin descuidar los aspectos socioeconómicos que aseguran su viabilidad, habitabilidad e integración al entorno urbano y natural.

2. CAMPO DE APLICACIÓN: La norma mexicana es de aplicación voluntaria para todas las edificaciones que se ubiquen dentro del territorio nacional, públicas o privadas, destinadas en su totalidad o en uso mixto a diferentes actividades de índole habitacional, comercial, de servicios o industrial. Aplica a las edificaciones y sus obras exteriores. Ya sea individuales o en conjuntos de edificios, nuevas o existentes, sobre uno o varios predios, en arrendamiento o propias.

Se aplica a una o varias de sus fases: diseño, construcción, operación, mantenimiento y demolición, incluyendo proyectos de remodelación, renovación o reacondicionamiento del edificio. Son responsables del cumplimiento de la presente norma mexicana las personas físicas o morales propietarias de las edificaciones, o las que las representen.

La norma mexicana considera las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Asentamientos Humanos, la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, la Ley General de Cambio Climático, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, así como sus respectivos Reglamentos, y las que a continuación se mencionan:

Agua de lluvia: Son las aguas que provienen de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles, suelos y la atmósfera, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; algunos metales pesados y otros

elementos químicos tóxicos. Esta caída de agua se produce a partir de la condensación del vapor de agua que se encuentra dentro de las nubes y que, al volverse más pesado, cae por efecto de la gravedad hacia el suelo.

Aguas residuales domésticas: Son aquellas provenientes de inodoros, regaderas, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes, (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.

Área verde (AV): Superficie dentro del predio destinada a mantener los servicios ambientales, como infiltración, microclima, biodiversidad, paisaje, entre otros. Área verde en los espacios urbanos, son ocupados por árboles, arbustos o plantas, que pueden tener diferentes usos, ya sea cumplir funciones de esparcimiento, recreación, ecológicas, ornamentación, protección, recuperación y rehabilitación del entorno.

Azotea verde natural: Manta de vegetación que se puede instalar sobre los techos de edificaciones nuevas o existentes, para impermeabilizar, aislar térmicamente, manejar las aguas de lluvias y aumentar las áreas verdes, contribuyendo así a disminuir el fenómeno de isla de calor y cambio climático de los centros urbanos y mantener un confort dentro de la vivienda.

Calidad de ambiente interior: Se refiere al bienestar o confort para lograr una calidad en el conjunto de factores ergonómicos relativos al ambiente térmico, ambiente acústico, ambiente luminoso y aire interior referido a los contaminantes en él presentes, para mantener la temperatura debemos ajustar los procesos metabólicos, generadores de calor interno y regular las pérdidas de calor a través de los capilares de la piel.

Confort: Estado físico de bienestar percibido por los usuarios, generado por el ambiente interior del edificio, cada persona puede buscar su propio confort de acuerdo a sus intereses y necesidades. Confort se asocia al disfrute del tiempo libre en sus propios hogares, para lo cual existe una amplia gama de productos, para quienes desean hacer de sus viviendas un completo centro de relajación.

Decibel acústico (dBA): Unidad utilizada para medir la intensidad del sonido, expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia. Con mayor frecuencia se emplea para relacionar

magnitudes acústicas, pero también es frecuente encontrar medidas en decibelios de otras magnitudes, por ejemplo las eléctricas o las lumínicas.

Diseño modular: Es el que toma en cuenta para el dimensionamiento de los elementos arquitectónicos los módulos de los materiales existentes en el mercado para utilizar piezas completas y evitar cortes, es el diseño basado en la que permiten optimizar el tiempo de construcción y debido a que son transportables, desarmables que permiten impulsar múltiples funcionalidades y su reutilización al generar un nuevo uso diferente al que fueron fabricados.

Energías renovables: Aquellas reguladas por esta Ley, cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que se enumeran a continuación: a) El viento; b) La radiación solar, en todas sus formas; c) El movimiento del agua en cauces naturales o artificiales;

Índice de reflexión solar (IRS): Es la capacidad de una superficie para reflejar la radiación solar incidente y emitir radiación térmica hacia la atmósfera, comparada con la capacidad de una superficie negra estandarizada y una superficie blanca estandarizada. Esta capacidad depende de las propiedades ópticas superficiales de reflectividad y emisividad.

Mantenimiento predictivo: Es aquel que busca pronosticar el punto futuro de falla de un elemento, Es la serie de acciones que se toman y las técnicas que se aplican con el objetivo de detectar fallas y defectos de maquinaria en las etapas incipientes para evitar que las fallas se manifiesten en una falla más grande durante la operación, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, causando impacto financiero negativo.

Reciclable: Material técnica y financieramente susceptible de ser reciclado, (aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse). El reciclaje implica dar una nueva vida al material en cuestión, lo que ayuda a reducir el consumo de recurso, la degradación y ayuda a que disminuya la contaminación en nuestro del planeta.

4.2 Características de las viviendas rurales

México es un país de grandes dimensiones y como consecuencia con características muy diversas que impactan la vivienda según la región donde se ubiquen, su diseño está condicionado por su entorno y su clima, a continuación se mencionan cinco viviendas representativas y sus procedimientos de construcción, situadas en lugares en donde el hábitat del hombre esta modificado por las condiciones geográficas.

La vivienda en el sureste de México los pobladores construyen sus viviendas con los materiales propios de la región, sus casas aunque son similares a los del resto del país, tiene detalles y características especiales y diferentes como consecuencia de la influencia de muchas generaciones mayas. La casa típica que se construye carece de algunas comodidades y tiene defectos técnicos como resultado de las condiciones económico-culturales de la región.

Los materiales más usados en el techo son la palma y el zacate, en el soporte de las paredes y la estructura del techo se utilizan horcones, varas y zacate, para aplanar las paredes usan el embarro que consiste en un producto arcilloso plástico resultado de la mezcla de tierra colorada, agua y desperdicios de paja, y se usa especie de barro con tierra blanca que se coloca sobre un empedrado para formar el piso.

Las casas se basan en un sola pieza, de planta rectangular y la mayoría de las veces con cabeceras semicirculares, con eje de 5 a 8 metros, no tiene ventanas y generalmente solo tiene una puerta en el lado oriente, pero algunas veces cuenta con dos puertas que se colocan a la mitad de ambos lados, una enfrente de la otra y miden aproximadamente un metro de ancho por 2 metros de alto.

En la estructura de la casa no se utilizan clavos ni tornillos para unir sus partes, utilizando únicamente lianas y bejucos para su amarre. El procedimiento de construcción de este tipo de viviendas es llamado bajareque. Las características principales que podemos resaltar de esta vivienda son: Su construcción sirve de forma común en estancia, recamara, comedor, cocina.

4.2.1 Zonas de México con más poblaciones rurales

En 1950, poco menos de 43% de la población en México vivía en localidades urbanas, en 1990 era de 71 por ciento y para 2010, esta cifra aumentó a casi 78%.

Como podemos observar día con día la población rural va aumentando a pasos agigantados, por eso se debe dar alternativas para que las viviendas construidas sean de menor impacto para el estado de Chiapas.

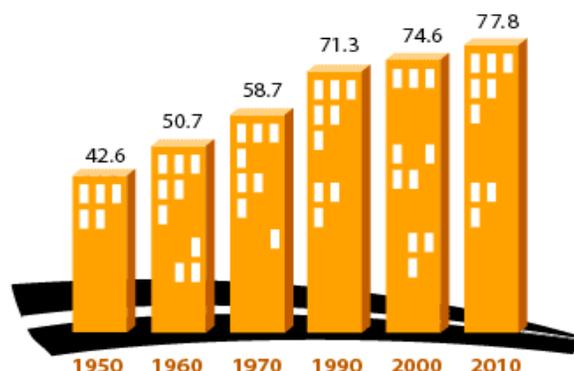


Fig. 4.1 Población en México que vivía en localidades urbanas (INEGI).

Las entidades federativas con mayor número de personas viviendo en localidades menores de 2,500 habitantes son Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Estado de México, Puebla y Guanajuato. Durante los últimos 60 años, la población en México ha crecido cinco veces. En 1950 había 25.8 millones de personas, en 2010 hay 112.3 millones.

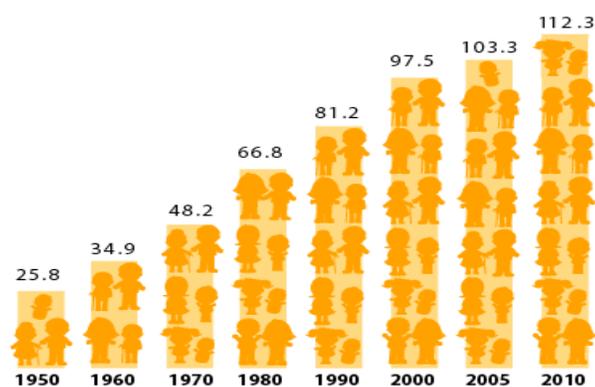


Fig. 4.2 Estadística socio demográfica. Población total según sexo 1950-2010.

De 2005 a 2010, la población se incrementó en 9 millones de habitantes, lo que representa un crecimiento por año de 1 por ciento.

Indicador rural	%
Población de 15 años o más analfabetas	15.69
Población de 15 años o más sin concluir la primaria	38.68
Viviendas particulares habitadas sin drenaje ni excusado	13.44
Viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica	5.65
Viviendas particulares habitadas sin agua entubada	29.54
Viviendas particulares con piso de tierra	15.00
Viviendas particulares habitadas sin refrigerador	37.52

Fig. 4.3 tabla indicador rural (INEGI).

En congruencia con lo establecido hasta ahora acerca de la problemática que se planea en comunidades aisladas y dispersas, el índice de rezago social estimado a nivel municipal y local, permite observar la distribución geográfica de la pobreza caracterizada por mayores rezagos en el sur-sureste y zonas serranas del país. En el año 2010 la pobreza en México representa el 46.3% equivalente a 52 millones de personas.

En áreas mejor dotadas de infraestructura y servicios básicos como electricidad, agua potable y saneamiento, la productividad y los retornos económicos tienden a ser mu y altos y por tanto facilitan la salida de la situación de pobreza en la que se encuentra. Por lo anterior la dispersión territorial ocasiona una falta de bienes públicos en las comunidades más alejadas, se dificulta la creación de alternativas viables para la generación de ingresos.

En México, la población rural vive en condiciones de pobreza patrimonial y se ocupa principalmente de actividades asociadas al sector agropecuario. El 70% había en localidades menores a 2,500 habitantes, muchas de ellas ubicadas en zonas de difícil acceso, retiradas de vías de comunicación y de centros urbanos, y en consecuencia limita las posibilidades de mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

4.2.2 Criterios que distinguen entre una comunidad rural y una población.

La definición de espacio urbano y rural resulta difícil y circular porque la definición de uno se hace por defecto con el otro. El espacio rural o el espacio periurbano, que comprende el espacio entre el urbano y rural, ha evolucionado mucho sobre todo tras los últimos modelos de crecimiento urbano emergentes. Sin

embargo, los criterios subyacentes rasgos característicos de estos espacios para diferenciarlos son típicamente dos: El poblacional y el funcional.

México se considera urbana a toda aglomeración de población con 2.500 o más habitantes, los rasgos característicos poblacionales del espacio urbano son su alta densidad, su menor extensión y la dotación de todo tipo de infraestructuras; además de la particularidad de las funciones propias urbanas, especialmente las económicas, concentrándose la actividad y el empleo en los sectores secundario y terciario, con menos participación del sector primario.

El espacio o área rural es el territorio no urbano de la superficie terrestre o parte de una división territorial que no está clasificada como área urbana o de expansión urbana: son las áreas no urbanizadas al menos en su mayor parte o destinadas a la limitación del crecimiento urbano, utilizadas para actividades agropecuarias, agroindustriales, extractivas, de silvicultura y de conservación ambiental.

Para definir las zonas urbanas y rurales se utiliza el concepto de marco geo estadístico como sistema único y de carácter nacional para referenciar correctamente la información estadística de los censos y encuestas. Describe áreas geo estadísticas básicas, realizando caracterizaciones físicas y culturales. Las áreas geo estadísticas rurales tienen extensión territorial variable y están caracterizadas por el uso del suelo de tipo agropecuario o forestal.

Las áreas geo estadísticas básicas urbanas son áreas geográficas ocupadas por un conjunto de manzanas que generalmente va de 1 a 50, perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso del suelo sea principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etcétera.

El consejo nacional de población (CONAPO) menciona que lo rural se identifica con una población distribuida en pequeños asentamientos dispersos, con una baja relación entre el número de habitantes y la superficie que ocupa, así como predominio de actividades primarias, niveles bajos de bienestar y de condiciones de vida (principalmente en países de menor desarrollo) [3].

Lo urbano se relaciona con el concepto de ciudad, o sea, un espacio geográfico creado y transformado por el hombre con una alta concentración de población socialmente heterogénea, con radiación permanente y construcciones continuas,

donde se generan funciones de producción, transformación, distribución, consumo y residencia existiendo servicios y equipamiento destinado a satisfacer las necesidades sociales y a elevar las condiciones de la vida de la población.

El CONAPO señala tres tipos de Criterios usados en América y el Caribe. Cualitativos son localidades urbanas o centros administrativos de divisiones político-administrativas menores sin importar su tamaño de población, Cuantitativas son asentamientos con un determinado número de habitantes y Combinación de ambos.

México es un país con una larga tradición censal, el XI Censo General de Población y Vivienda de 1990 explica que actualmente aún existen polémicas sobre los criterios de diferenciación definición de la frontera entre rural y urbano. En este sentido, utiliza la variable tamaño de localidad para permitir el uso de las fronteras opcionales para una definición rural-urbana conforme al número de habitantes.

Por otro lado, utiliza un análisis diferencial sobre las características socioeconómicas y demográficas entre los distintos estratos de la clasificación. De acuerdo con el INEGI, una población se considera rural cuando tienen menos de 2,500 habitantes, mientras la urbana es aquella donde vive más de 2,500 habitantes.

El INEGI en un estudio sobre el grado de urbanización maneja los siguientes indicadores. Población rural. Proporción de la población que habita en localidades menores a 5 mil habitantes. Población rural. Proporción de la población que vive en localidades de 5 mil a menos de 15 mil habitantes. Población urbana. Población que vive en localidades mayores de 15 habitantes.

4.2.3 Vínculo entre las comunidades rurales y el centro urbano

El Estado de Chiapas el problema y la necesidad humana es la de poseer un hogar que proporcione protección de los inconvenientes del medio ambiente dentro del cual se puedan encontrar condiciones seguras, sanitarias y cómodas para la supervivencia. Es este aspecto de la vivienda es uno, donde los chiapanecos enfrentan condiciones adversas que lo convierten en un problema socioeconómico.

La escasez de vivienda y las dificultades que presenta un gran porcentaje de la población para acceder a ella pone sobre la mesa un debate de actualidad del que hay que sacar conclusiones y pensar nuevas propuestas desde el campo del urbanismo, la arquitectura, la sociología, la economía y la política, entre otros, para solucionarlo.

Los factores urbanos, sociales y económicos que provocan la disfuncionalidad de la vivienda sustentable. Como el hogar es el principal eje de desarrollo de las personas, estos conflictos pueden llevar a una carencia de relaciones sociales que terminan resumiéndose en inseguridad, individualismo e indiferencia ante el cuidado de la infraestructura, el impacto negativo que provoca la expansión de la mancha urbana.

Las características de la vivienda que demuestran la dificultad de acceso ésta dependiendo del sector de la población y si éste tiene los medios necesarios, tales como seguro social, o un salario predeterminado. Destaca también el rezago habitacional en México y la satisfacción que logra la vivienda existente en términos de calidad de vida.

En la actualidad, la tierra disponible se encuentra cada vez más alejada de los centros urbanos, provocando que los habitantes de nuevos fraccionamientos y comunidades pasen muchas horas en los caminos a sus trabajos o escuelas y gasten una gran parte de sus ingresos en transporte. Además, la baja densidad en cuanto a infraestructura limita a la gente para realizar actividades recreativas, obtener productos y algún servicio específico.

4.2.4 Infraestructura básica y servicios en la comunidad rural

La Secretaría de Infraestructura fue creado mediante decreto número 139 de fecha 6 de febrero del año 2008, publicado en el Periódico Oficial No. 079 del Gobierno del Estado; con el objeto de fungir como un organismo con capacidad para formular y ejecutar el programa anual de la obra pública del estado, en coordinación con los demás organismos estatales, municipales y federales.

Sus objetivos son conducir la política, planeación y regulación de los programas para la ejecución de la obra pública, el desarrollo urbano y regional; la construcción de carreteras, caminos, puentes, redes de distribución de agua

potable y alcantarillado en la entidad; la emisión de medidas para el buen funcionamiento de los bienes inmuebles del Poder Ejecutivo del estado.

El estado de Chiapas ocupa el último lugar nacional en el Índice de Desarrollo Humano y el 2º lugar en marginación, de sus 118 municipios, 53 se consideran de muy alto y 40 de alto grado de marginación. La pobreza se encuentra más extendida en las zonas rurales que urbanas, ocho de cada diez chiapanecos en poblaciones rurales se encuentran en pobreza extrema.

La mayoría de los habitantes de esas localidades no disponen de los servicios básicos que les permitan tener condiciones de vida satisfactorias y además les provean de las condiciones materiales indispensables para emprender sus propios procesos de desarrollo. La falta de estos servicios crea una brecha de atención que se suma a otras barreras, como las étnicas y geográficas, que conducen a las situaciones de exclusión que padece la gran mayoría de los indígenas del país.

La alineación del programa institucional al plan de desarrollo establece un canal de comunicación plural, tolerante, democrático y respetuoso, entre el gobierno estatal y las comunidades en estado de conflicto, estableciendo una eficaz coordinación interinstitucional que impulse y priorice las acciones gubernamentales y la negociación como instrumentos relativos.

Disminuir el rezago de construcción y rehabilitación de la Infraestructura y mobiliario educativo, gestionando acuerdos de colaboración con gobiernos municipales y federales. Procurar el uso ordenado del suelo, mediante un adecuado diseño de programas de desarrollo urbano que responda a las necesidades inmediatas, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras.

La vivienda: es un espacio primordial para las familias y es uno de los problemas que afecta primordialmente a la salud de los habitantes, así como su desempeño en las actividades cotidianas y el tiempo que dedican a ellas. Aspectos importantes son servicios, piso, materiales que dan las condiciones mínimas de salud.

Desarrollo Socioeconómico: Porque es necesario generar condiciones que permitan agregar valor a nuestros productos, fortalecer la competitividad y comercialización de los productos y la dispersión de las comunidades, lo cual

requiere de las gestiones necesarias para mantener en un nivel óptimo de funcionamiento la infraestructura de comunicaciones

Medio Ambiente: Es necesario aplicar metodologías modernas de planeación basadas en las potencialidades territoriales y en las cuencas hidrológicas, donde participen directamente las poblaciones locales a escala municipal y regional, para fijar los objetivos del desarrollo, enmarcados en el plan rector de ordenamiento. (Agua potable, alcantarillado y saneamiento).

Sustentabilidad: Ejecutar acciones en beneficio del pueblo chiapaneco, en donde el desarrollo social y económico pase de ser procesos de crecimiento individual, a procesos solidarios de desarrollo para todos, respetando nuestro entorno. La infraestructura en zonas rurales presenta desafíos adicionales y específicos, en especial, la necesidad de llevarlas hasta las comunidades dispersas y aisladas.

El gobierno ha producido esfuerzos para llenar la brecha, aunque aún es deficiente para compensar las desventajas que enfrena el sector rural. Las estadísticas, la carencia de agua potables o la deficiencia en su abastecimiento son las causas que consiguen el principal problema, le sigue la falta de carretera o transporte, falta de energía eléctrica o drenaje y alcantarillado, estos datos se asocian principalmente a localidades pequeñas.

4.2.5 Estrategias para el ordenamiento del territorio rural de un municipio

La ordenación del territorio es una práctica cada vez más común en México, ya como un ejercicio técnico-científico o bien como una acción política; en ambos casos, para buscar promover el desarrollo “equilibrado y sostenible” de los pueblos. Pero también se ha aplicado como una acción correctiva o preventiva a los conflictos surgidos por la creciente presión sobre los recursos naturales y los espacios geográficos en determinadas regiones del planeta.

La ordenación del territorio ha sido implementada como programa gubernamental tanto nacional, como estatal y municipal (en el caso de México), con diferentes objetos; pero también, ha motivado el interés de los científicos por esclarecer los abordajes teórico-metodológicos, generar nuevas formas de acercarse al objeto de estudio y evaluar los resultados.

El planeamiento para la estructura del ordenamiento rural son las siguientes:

1. Los usos de los recursos de los espacios del territorio.
2. La movilidad: incluyendo los sistemas de transporte.
3. Los servicios básicos, la infraestructura y equipamiento.
4. Las dinámicas poblacionales: flujos, migraciones, crecimiento y densidad.

Pasos para el diagnóstico análisis de la región de estudio.

1. Recopilación y generación de información geográfica. Actualización y generación de información territorial.
2. Comprensión de la organización territorial actual del municipio. Analizar la organización del lugar de acuerdo a su movilidad, dependencia y clasificación de los poblados.
3. Análisis de riesgos. Realizar actividades para ubicar áreas de vulnerabilidad y zonas de riesgos.
4. Análisis de los servicios básicos. Realizar un análisis de la población, infraestructura, equipamiento y movilidad, y su cobertura o carencia.
5. Análisis de los usos de la tierra. Actualizar información de los usos de los suelos normales, especiales y los conflictos que presenta.
6. Análisis de las dinámicas económicas territoriales. Identificación de potenciales económicos del territorio, enfocados al desarrollo de la base de su economía.

Desarrollo de estrategias a partir del ordenamiento territorial.

Focalizar: el análisis territorial contribuye con elementos para identificar las áreas de intervención y actuación en el territorio en función de las principales problemáticas y potencialidades identificadas.

Ubicar: localizar los recursos estratégicos del municipio, determinar su potencial contribución al desarrollo.

Conectar. Desarrollar puntos estratégicos económicos para interconectar el territorio, vinculando la infraestructura existente y diseñada la infraestructura nueva que se requiere para estructurar las economías en el territorio.

Mantener mejorar la inversión existente: Dotar de mejores condiciones a las actividades económicas existentes en el territorio con el fin de evitar la migración de personas hacia otras localidades que ofrezcan mejores condiciones.

Inversión local nuevas inversiones: el ordenamiento territorial puede orientar a sus habitantes para realizar determinadas inversiones adecuadas a la zona a y su sociedad, así como también estimular inversiones en algún determinado tipo de actividad económica.

El ordenamiento territorial en las zonas rurales es una medida necesaria para frenar o corregir las constantes agresiones a que suele ser sometida, los problemas que el ordenamiento rural pretende resolver son: la escasa base demográfica, base económica poca diversificada, bajo nivel de dotaciones en infraestructuras, bajas dotaciones en equipamientos colectivos, deterioro de las condiciones ambientales, conflictos de uso de suelo y dificultades administrativas.

La estrategia es analizar información y desarrollar un acercamiento que permita comprender las dinámicas territoriales. Lo importante es asegurarse de obtener la información necesaria para que la formulación de la propuestas sea fundamentada y que el proceso de toma de decisiones sea informado y validado en el ordenamiento del territorio.

4.2.6 Criterios para la preservación de los recursos naturales de una región

En relación al desarrollo rural, la conservación de los recursos que existen en la naturaleza frecuentemente es el motivo principal de los instrumentos legales que regulan las actividades económicas y productivas. Se ha considerado estrategias de conservación para que las actividades que involucran la afectación de algún recurso natural puedan ser autorizadas y reguladas por instituciones que vigilan su eficaz aprovechamiento y la mínima afectación de los mismos.

En México hasta no hace muchos años, el desarrollo de actividades productivas en el medio rural como la agricultura, ganadería, minería, entre otros, se consideraban más importantes que el mismo ambiente natural o cualquier condición ecológica presente en el medio de interés, a excepción que existiera algún elemento natural importante que hiciera imposible llevar a cabo la actividad por los elevados costos de adecuación del territorio o alguna otra dificultad.

Actualmente en zonas urbanas existe un poco de mayor control en el desarrollo de actividades que deterioran el ambiente o ponen en riesgo el equilibrio ecológico pero esto no aplica de igual manera en las zonas rurales, donde su actuación ha sido limitada o insuficiente para vigilar que las actividades que se desarrollan no

alteren gravemente el estado de conservación de los recursos naturales en un determinado lugar.

Las estrategias que se han diseñado para llevar a cabo la conservación de los recursos naturales son: las características del propósito de conservación, las posibilidades de acción y las condiciones que determinan la existencia del recurso natural en el territorio. Las estrategias más exitosas son aquellas en que participan los sectores involucrados en la afectación del recurso natural que queremos conservar las actividades permitidas y prohibidas en un determinado lugar.

Las normas no son suficientes para conservar los recursos naturales, si constituyen una parte importante en las estrategias de los gobiernos. Así mismo se ha implementado el pago por servicios ambientales como una estrategia también interesante que promueve la responsabilidad de los dueños, con la expectativa que a cambio del pago de dichos servicios logren la conservación de los recursos ambientales.

Se hace énfasis en el uso y manejo sustentable de los recursos naturales principalmente en los siguientes temas: Generación de energía renovable en sus diversas formas, gestión integrada del recurso hídrico, saneamiento y restauración ambiental del territorio, uso racional de los recursos naturales no renovables, conservación y uso sustentable de los recursos naturales y amenazas, vulnerabilidad y riesgo ambiental

Manejar integralmente el recurso hídrico: Estudio, manejo y planificación de las cuencas hidrográficas, su gestión integrada es un proceso que promueve el desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente, sin comprometer la sustentabilidad, de los ecosistemas vitales en una cuenca hidrológica.

Realizar el saneamiento y la restauración ambiental del territorio: Promover el desarrollo limpio y sanidad, que garanticen la seguridad ambiental; la protección de los recursos y sistemas naturales, a través de la reforestación de cuencas; el mantenimiento de la calidad del paisaje; el manejo y uso sustentable de los desechos sólidos; el mejoramiento de la calidad del agua de lagos, ríos y otros cuerpos de agua, para consumo humano, agrícola, industrial y otros usos.

Usar racionalmente los recursos naturales no renovables: Reducir y mitigar los daños ocasionados por la explotación y el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables; resarcir el costo social, cultural, económico y ecológico por los daños causados, protección contra la tala de árboles en las zonas con una riqueza en biodiversidad.

Valorar en forma económica, ecológica, social y cultural el patrimonio natural: Fomentar la valoración y apreciación de los recursos naturales como patrimonio nacional; así como desarrollar en la sociedad, un sentido de responsabilidad, valoración, equidad, solidaridad y participación en la temática ambiental de los recursos renovables.

5. Vivienda sustentable

5.1 Principios fundamentales de la vivienda sustentable

Las viviendas rurales también deben satisfacer los requerimientos de las viviendas sustentables, deben trabajar con criterios y prácticas que respeten el medio ambiente, que beneficien a las comunidades y ofrezcan una mejor calidad de vida a sus ocupantes así como la selección de los materiales de construcción para el confort térmico en el interior de la vivienda [4].

Las viviendas rurales también deben satisfacer los requerimientos de las viviendas sustentables, deben trabajar con criterios y prácticas que respeten el medio ambiente, que beneficien a las comunidades y ofrezcan una mejor calidad de vida a sus ocupantes. El urbano básico recomienda la orientación este-oeste, con la mínima inclinación al oeste y la máxima al sur ($\pm 30^\circ$) para facilitar la ventilación cruzada norte-sur.

De haber algunos servicios públicos es importante conocerlos y realizar un estudio sobre los medios como podremos aprovecharlos. Respecto a la vegetación, se recomienda un estudio de las especies vegetales existentes en el terreno para valorar su estado y necesidad de conservación, y tomar las medidas de protección necesarias.

En cuanto a las condiciones del clima se deben tomar en cuenta altitud relativa, pendiente de la zona y viento, así como la cercanía de una zona de vegetación y masas de agua para en función de ello ver la conveniente ubicación del edificio, además se considerarán forma de las calles y posición los edificios colindantes, el

conjunto, desde luego, influirá sobre sus particulares condiciones como su humedad y temperatura media.

El viento es importante en los consumos energéticos de la vivienda debido a que al actuar sobre su superficie exterior e infiltrarse en su interior tiene la capacidad de enfriarla, en esta vivienda se debe de tomar las estaciones del año con respecto a eso seleccionar el tipo de material que se adapte a cambios climáticos durante el año.

Proteger y conservar el agua, concientizar a la comunidad sobre problemas con el agua la mayoría de las personas ya sabe cuáles son sus problemas. Crear un programa de agua comunitaria puede hacer que un grupo de personas tome conciencia de que el problema del agua es de toda la comunidad. Si las personas ven la seguridad del agua como un problema comunitario, también pueden ver que juntos tienen el poder para hacer un cambio.

Potenciar la infiltración de las aguas pluviales. Si se está en zonas de suelo permeable se recomienda utilizar pavimentos igualmente permeables, tal es el caso de estacionamientos, áreas de juego, caminos peatonales, etc. Las aguas de lluvia se aprovechan en cisternas de descarga de inodoros, para limpieza de superficies pavimentadas en estacionamientos, etc.

En regiones de poca precipitación pluvial se recomienda la utilización de especies vegetales de bajo consumo hídrico y de preferencia que sean autóctonas y usar sistemas de riego eficiente, como el de goteo o micro aspersión. En las regiones de alta precipitación pluviométrica no es aplicable el punto anterior de potenciar la infiltración de aguas.

A nivel de uso doméstico se recomienda la instalación de grifos ahorradores, WC de tanque reducido y doble descarga, sistema para el reaprovechamiento de las aguas grises sobre todo las que abastecen los lavabos, vigilar la detección de fugas, minimizar el consumo de energía, una adecuada distribución de los espacios en las viviendas puede reducir las cargas de calefacción, de refrigeración y de iluminación.

Los espacios principales en las viviendas requieren condiciones más confortables por lo que sería conveniente situarlos en la fachada sur, por el contrario en la fachada norte se deben ubicar los espacios como pasillos, lavabos, tratar de

asegurar en la medida de lo posible la ventilación cruzada y mantener el confort interior.

Para disminuir el consumo de energía se recomienda el empleo de energías renovables como son la solar (con aplicación térmica o fotovoltaica), eólica, hidráulica, geotérmica, mareomotriz y biomasa. La energía solar térmica se utiliza principalmente para generar agua caliente y para calefacción a baja temperatura. Otra aplicación de la energía solar son los fotovoltaicos con el empleo de paneles solares.

La instalación en una vivienda rural aun no es factible debido a que el costo inicial es muy elevado y la recuperación muy larga, aunque su costo ha disminuido considerablemente en los últimos años. En las viviendas, se recomienda el uso de lámparas de bajo consumo, como son las fluorescentes compactas. La sectorización de la iluminación de una estancia nos permite mantener apagadas las luces de la zona próxima a las ventanas y encendidas las más alejadas.

En el caso del alumbrado público, se debe cuidar que las luminarias emitan la luz por debajo del plano horizontal, para evitar desperdiciar energía lanzándola al vacío. Es conveniente utilizar productos y sistemas de construcciones normalizadas y amigables con el medio ambiente, materiales térmicos y con un aislamiento adecuado.

Se recomienda utilizar el polietileno y el polipropileno en las conducciones para las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias como materiales alternativos al PVC dado que son los de mayor disponibilidad, sin embargo su uso presenta el compromiso de retirarlos al fin de su vida útil y reciclarlos ya que no son biodegradables, emplear los aditivos de pinturas y los pigmentos naturales, como materiales alternativos al plomo.

Utilizar madera de explotaciones forestales controladas ya que la deforestación es uno de los mayores males en el campo mexicano. En la construcción se debe asegurar que toda la madera que se use trae el sello de certificado y cuenta con la documentación que lo asegure, desde su extracción en el bosque, después en el aserradero y si se utiliza como mueble en la carpintería.

En pinturas, solventes, adhesivos, etc., se recomiendan las naturales frente a las acrílicas de base de agua y estas frente a las sintéticas. Hoy en día existe un gran número de productos de este tipo con sello ecológico. Reutilización de materiales,

resulta favorable incorporar productos provenientes del reciclaje, en los procesos constructivos o para la creación de otros.

En el caso de la vivienda rural es importante tomar en cuenta la participación de la comunidad en el proceso de diseño, mejorará su funcionalidad, ayudará a hacerlas sustentables y más fácilmente serán aptas para satisfacer sus necesidades una comunidad sustentable el pueblo es de suma importancia para conservar los recursos naturales.

5.2 Evaluación de sustentabilidad

En México entre 1990 y 2010 el número de viviendas particulares ocupadas creció de 16 a 28.6 millones, según datos de Censo 2010 del INEGI. Todo indica que esta tendencia positiva continuara, pues la Comisión Nacional de Población estima que este número crecerá a 43.7 millones en 2050. Además llama la atención la cada en el índice de ocupación de la vivienda con valores de 5.1 y 3.9 para 1990 y 2010, respectivamente.

Estas cifras indican que, aun para la misma población, se requerirá una mayor proporción de vivienda para atender la demanda en México durante las próximas décadas. Todo esto en un contexto de vertiginosa urbanización en el que aproximadamente 33% de las familias mexicanas experimenta un rezago habitacional, ya sea por hacinamiento, por deterioro de la vivienda o por el uso de materiales de poca duración.

El presente estudio analiza la sustentabilidad de la vivienda de interés social, sector en el que se han ejercido más de 5.8 millones de créditos a lo largo del último sexenio. Según datos del INFONAVIT, esto ha impactado directamente la vida de aproximadamente 20 millones de mexicanos, quienes a través de esa residencia se enfrentan a nuevas dinámicas de empleo, educación y seguridad, acceso a servicios y espacios de convivencia.

Integrar la dimensión ambiental a este panorama exigió considerar que, del total de emisiones de CO₂ en México, el sector residencial es responsable por 7% de ellas, mientras que las industrias del cemento, hierro y acero intrínsecamente ligadas al sector de la construcción equivalen a 8.9% de estas, estudios realizados por la CONAPO.

Asimismo, es bien conocido que cualquier estrategia de sustentabilidad en el sector exige atender la creciente intensidad energética, gasto público y merma en la calidad de vida que representa el crecimiento en 600% de la superficie promedio de las ciudades Mexicanas durante los últimos 30 años.

Bajo este modelo expansivo, la provisión de servicios básicos a la vivienda exige una mayor infraestructura por capital, lo que se traduce en un mayor consumo de recursos naturales para lograr el acceso a agua, energía, servicios de recolección de residuos, alimentos. A ello se suman la carga económica, psicológica y ambiental de recorridos cada vez más largos y dependientes en medios motorizados de transporte.

5.3 Determinación de espacios de la vivienda sustentable.

Los espacios que funcionan para satisfacer las necesidades consideradas tradicionalmente como básicas son: Dormir/descansar, asearse, y comer, es necesario que una vivienda capaz de satisfacer integralmente las necesidades del ser humano tenga espacios donde pueda socializar y relacionarse con otras personas, donde pueda desarrollar su conocimiento y llevar a cabo actividades educativas.

Sala de estar: es donde habitualmente se llevan a cabo las diferentes actividades dentro de un ambiente íntimo y familiar. Su función es de convivencia familiar, más que social y ornamental, por lo que idealmente debe ser lo suficientemente amplia y versátil, así como tener una estrecha vinculación con otros espacios de convivencia familiar como el comedor y la cocina.

Dormitorios: su relevancia radica en que son espacios que se utilizan durante toda la noche, y por ello deben de tener todas las condiciones necesarias para permitir un buen descanso, un ambiente relajante e íntimo, así como otras actividades de entretenimiento y ocio, como por ejemplo, leer un libro, o escuchar música.

Servicios sanitarios: son el lugar destinado a la limpieza del cuerpo humano, y, por lo tanto, existe una fuerte relación con la salud de los integrantes de la familia, la unidad habitacional y el entorno. De la calidad de los servicios que se disponen dependen ciertos elementos de comodidad, así como de salud e higiene para los habitantes.

Cocina, con espacio de despensa: debe proveer las condiciones adecuadas y equipo necesario para el almacenamiento, preparación y cocción de los alimentos, así como para llevar a cabo una correcta limpieza y desinfección de alimentos y utensilios, para ello en el proyecto se dará la opción de utilizar las estufas ecológicas.

Comedor: es un espacio que fomenta la convivencia familiar, así como un lugar apropiado para la función de alimentarse. Muchas veces este espacio puede cumplir otras funciones, por lo que puede estar relacionado con la sala de estar sin ninguna división. De esta manera, el tamaño del espacio puede variar de acuerdo con las necesidades de la ocasión.

Jardín: es el área que permite la introducción de elementos naturales dentro de la propiedad, alimentando y sosteniendo a la vegetación que contribuirá a climatizar la edificación. De igual forma, es un espacio indispensable para los niños pequeños y los animales domésticos, con ello ayudaran a la vivienda a mantener un ambiente agradable en el exterior de ella.

Sala social: no se trata de un espacio vital en una vivienda, pues su función en la actualidad se considera como meramente social, y es por ello que dependiendo de los hábitos de cada familia puede llegar a ser uno de los espacios menos utilizados. Puede llegar a prescindirse de su existencia si se considera una sala de estar lo suficientemente amplia y versátil; pero nunca debe de sacrificarse espacio de la sala de estar para tener una sala social.

5.3.1 Adaptación de la vivienda: vivienda vs ambiente y energías verdes.

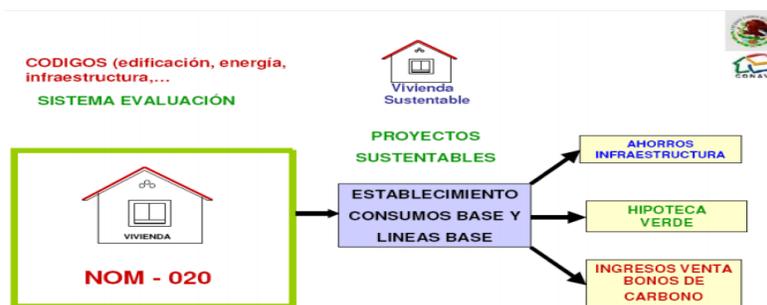


Fig. 5.1 Bases para contar con una vivienda, comisión nacional de viviendas.

Programa piloto de viviendas sustentables: Experiencias de construcción de viviendas para generar conocimiento sobre las técnicas equipamientos de la vivienda y el conjunto que proporcionen mayor confort y utilicen racionalmente los recursos naturales, para ello se debe tomar en cuenta las investigaciones tecnológicas e instrumentación del proyecto.

5.3.2 Ecotécnicas o eco tecnologías de bajo costo aplicables a las viviendas

Las eco tecnologías son herramientas tecnológicas que proporcionan ventajas sobre las tradicionales en lo referente a la protección ambiental, la aplicación práctica de dichas herramientas son las que conocemos como ecotecnias a la construcción de las viviendas en Chiapas. A continuación se mencionan algunos ejemplos:

El adobe: Es un material formado de tierra con agua y comúnmente se le agrega también paja para proporcionarle mayor adherencia, se fabrican en forma de ladrillos y se ponen a secar al sol, se utilizan en la construcción de muros, pisos y también en casos especiales pueden crearse estructuras ligeras. En climas calurosos el adobe es fresco y en el invierno guarda el calor, requiere protección contra la lluvia con capas de barro o con recubrimientos.

El adocreto: es una variante que consiste en agregar una pequeña cantidad de cemento para estabilizarlo, esto se recomienda cuando exista un clima extremo, es muy resistente y duradero que el asfalto. Permanecen sin deterioro por mucho tiempo y casi sin mantenimiento, pueden ser removidos o reemplazados con facilidad.

El cob: es un material de construcción cuyos componentes son arcilla, arena, paja y barro común de tierra. El proceso de fabricación del cob permite que las construcciones realizadas no requieran ser transformadas previamente en ladrillos, sino que, al igual que en el tapial, el conjunto se construye a partir de los cimientos, en muros de un solo bloque.

El bajare: Es una técnica de construcción natural a base de tierra que consiste en una gruesa capa de barro sobre un entramado de caña de madera o mediante un trenzado de paja remojada en el lodo. La hidroponía es un tipo de cultivo que necesita poca cantidad de agua, mínimo esfuerzo en su elaboración y no requiere tierra, consiste en producir hortalizas en pequeños espacios de las viviendas.

5.4 Aplicaciones para la vivienda sustentable

Un biodigestor: consiste en un cilindro o contenedor sellado, hecho de fierro-cemento o plástico a donde llegan las aguas negras, de las cuales se produce gas metano debido a que las bacterias anaerobias se multiplican al procesar la materia generando una gran cantidad de este gas, el que se puede utilizar para cocinar o para iluminar de la vivienda.

Cada día el biodigestor produce la cantidad suficiente de gas metano para utilizar en las cocinas alrededor de ocho horas; también pueden construirse para multifamiliares y así satisfacer a un grupo o a una comunidad de vecinos, para el uso cotidiano y así tener un mayor ahorro económico esto ayuda que no se desperdicie ese gas.



Fig. 5.2 Biodigestor

Estufas ahorradoras de leña: Es un cajón construido comúnmente de tabique rojo, con un comal grande y dos pequeños para cocinar y calentar alimentos, una entrada para colocar la leña y una chimenea para que el humo salga fuera de la cocina. Con ello, además cuidamos el medio ambiente al reducir el consumo de leña bajando la deforestación y protegiendo la salud de los habitantes en el interior de las viviendas al tener menos humo que se esparce y por tanto respira.



Fig. 5.3 Estufas ahorradoras de leña.

Estufa de aserrín: Es una alternativa para el ahorro de combustible ya que se utiliza únicamente aserrín seco y dura encendida aproximadamente 5 horas y se recomienda para zonas rúales. A continuación se mencionan algunas ecotecnias utilizadas en las zonas urbanas con buenos resultados en el cuidado de los recursos naturales y del medio ambiente y que su futura aplicación es deseable.



Fig. 5.4 Estufas de aserrín.

6. Arquitectura Bioclimática

6.1 Clima

Es necesario conocer el enfoque de arquitectura bioclimática y la teoría que sustenta la cara psicométrica, ya que esta es una herramienta fundamental para conocer las estrategias bioclimáticas. Es necesario conocer el comportamiento de la trayectoria solar, las ganancias solares, la transferencia de calor, las propiedades termo físicas de los materiales y los requerimientos para la simulación [5].

La arquitectura se considera como el arte de delimitar espacios útiles, resistentes y estéticos. Durante su historia se ha vinculado con el estudio de las condiciones geográficas que permitía dar soluciones particulares a los edificios, como es el caso de la arquitectura prehispánica en México, en donde se consideraba la orientación, el entorno y la idiosincrasia como parte fundamental del diseño de sus edificaciones.

El movimiento moderno del siglo XX, dio origen al llamado estilo internacional, que se extendió por todo el planeta. Estaba compuesto por edificaciones acristaladas que no tomaban en cuenta las condiciones climáticas del lugar, ya que los problemas se podían resolver con el uso de sistemas artificiales de climatización e iluminación, lo cual trajo consigo el consumo excesivo de la energía eléctrica.

En particular, en el caso de las viviendas sustentables los arquitectos proponen sus diseños con materiales que permiten abaratar los costos de construcción, sin importar las condiciones del confort que se presente en el interior de ellas. Esto provoca en el usuario problemas de tipo fisiológico, psicológico y económico, por lo que es necesario hacer un estudio de las condiciones climáticas del sitio y proponer estrategias de adecuación al clima que propicien confort térmico interior.

La arquitectura bioclimática tiene por objetivo generar un nivel de confort integral (térmico, acústico, lumínico, ambiental) mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y el uso de materiales adecuados a las condiciones climáticas de su entorno. Se trata de una arquitectura que se adapta al medio, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y con él, el deterioro e impacto ambiental de la vivienda.

Los factores climáticos son las condiciones físicas que caracterizan a una región o un lugar en particular, determinan su clima. Los principales factores son: latitud, altitud, relieve, distribución de tierra, agua y corrientes marinas. Los elementos del clima más importantes para el proceso de diseño arquitectónico son: temperatura de aire, humedad relativa, precipitación pluvial, velocidad, dirección del viento, presión atmosférica, radiación solar, nubosidad y visibilidad.

Temperatura del viento: Es la magnitud que revela la cantidad de calor de un cierto entorno o de un cuerpo atmosférico, por su parte, es aquello que tiene vinculación con la atmósfera, es la transición de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa a una escala se utilizan tres tipos de escalas termométricas, grados centígrados, Fahrenheit, kelvin.

La humedad relativa: Es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene una masa de aire expresada en porcentaje de humedad y la que tendría si estuviera completamente saturada; así cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100 % más húmedo, se llama relativa porque el aire tiene la característica de poder retener mayor contenido de humedad a mayor temperatura.

Precipitación pluvial: la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. Conocer la precipitación del lugar donde se diseña la vivienda ayuda entre otras cosas, a tener el planeamiento óptimo del diseño externo de la vivienda.

Dirección y velocidad del viento: es la velocidad con la que el aire de la atmósfera se mueve sobre la superficie de la tierra. La velocidad y el vector (dirección en la que el viento se desplaza). Se mide en dirección horizontal, se forman por corrientes producidas en la atmósfera por causas naturales, los efectos del viento en la vivienda deben considerarse tanto en el interior como en el exterior debido a la transferencia de calor por convección y la infiltración.

Presión atmosférica: es la fuerza o peso por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie terrestre, La presión atmosférica en un punto coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera, también depende de la temperatura del aire de la altitud del lugar.

Radiación solar: La radiación solar es el flujo de energía que recibimos del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta) además de ser la cantidad total de energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal. La luz visible son las radiaciones comprendidas entre $0,4 \mu\text{m}$ y $0,7 \mu\text{m}$ pueden ser detectadas por el ojo humano.

Asoleamiento: En Arquitectura se habla de asoleamiento o soleamiento cuando se trate de la necesidad de permitir el ingreso del sol en ambientes interiores o espacios exteriores donde se busque alcanzar el confort hidrotérmico. Es un concepto utilizado por la Arquitectura bioclimática. La acción del sol en la tierra trae beneficios al hombre desde los puntos de vista térmico, económico, higiénico, psicológico.

Nubosidad: cuándo el cielo está cubierto de nubes, se dice que está nuboso. Esta condición tan frecuente se conoce como nubosidad e implica que el sol aparece oculto a la vista de un observador, La nubosidad es máxima en invierno y mínima en verano. Durante el día suele ser máxima alrededor de las 14 horas, momento de máxima ascendencia del aire.

6.2 Diseño de vivienda con arquitectura bioclimática.

Las propuestas arquitectónicas en México generalmente no consideran el diseño y los materiales adecuados al contexto climático, para propiciar condiciones de confort térmico y ahorro de energía por climatización artificial, en beneficio de los usuarios. Debido a lo anterior en ese trabajo se diseñó una vivienda con criterios de arquitectura bioclimática para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas con un sistema constructivo de paneles fotovoltaicos.

El objetivo de este proyecto es de lograr un estudio climático en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Se establecen estrategias de adecuación ambiental basada en un modelo de confort térmico. Se determinan las propiedades térmicas de los materiales aislantes que debe contener la vivienda para una mayor comodidad de los habitantes.

6.3 Aspectos preliminares de la arquitectura bioclimática

En arquitectura, es frecuente el uso de estilos arquitectónicos de regiones con latitudes y climas diferentes por lo que es necesario el uso de sistemas de

climatización artificial para tener condiciones de confort térmico en las edificaciones en lo que repercute en los consumos energéticos. El Balance Nacional de Energía, de la Secretaria de Energía es de 7,365 PJ (1 Pea Joule = 10^{15} joule. Del consumo total de energía.

La arquitectura en México, no considera un diseño integral con el tipo de materiales adecuados que garanticen el confort térmico de los usuarios y el ahorro de energía, lo que hace necesario que la mayoría de las construcciones se utilicen los equipos de climatización artificial. Eso genera problemas de salud, económicos baja productividad, por lo que se hace indispensable dentro del diseño arquitectónico general, un estudio de las condiciones climatológicas del sitio.

6.3.1 Movimientos característicos de la tierra

El movimiento de traslación orbital alrededor del sol transcurre en un año solar de 365 días, 5 horas, 48 minutos, 46 segundos, con una velocidad de desplazamientos de 29 km/s. ese movimiento se describe en una órbita elíptica, que es el resultado de la fuerza gravitacional solar y centrífuga debido a la inercia de la tierra. El movimiento de rotación se realiza al girar la tierra sobre su mismo eje en 24 horas. Ese es una línea imaginaria que únelos los dos polos, norte y sur.

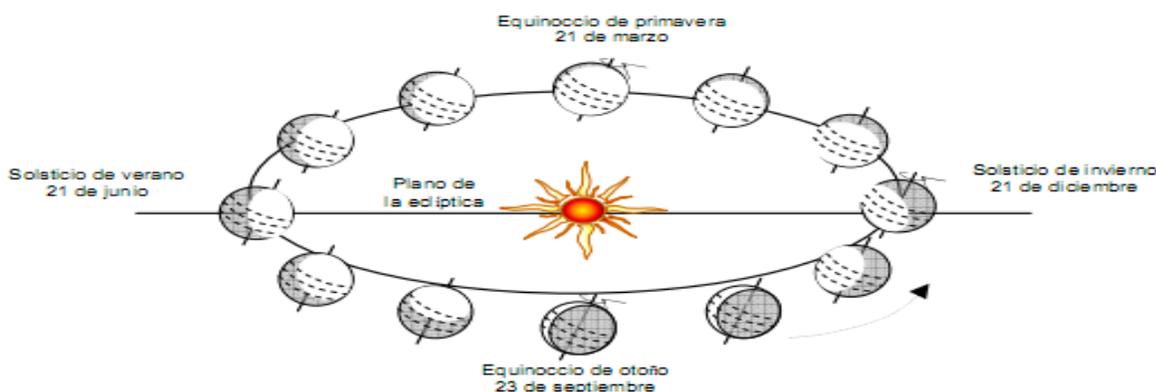


Fig. 6.1 *Movimiento de la tierra con respecto al sol.*

Al realizar un giro completo, la tierra en su movimiento de traslación describe un plano que contiene a su misma órbita. Este plano es llamado de la eclíptica, y forma un ángulo de $23^{\circ}26'44.7''$ con respecto al eje vertical fig (6.2). La intensidad de radiación solar en la superficie terrestre varía según las condiciones

atmosféricas las coordenadas solares. Las variaciones climáticas estacionales se debe a la inclinación de la tierra (fig 6.3, 6.4, 6.5).

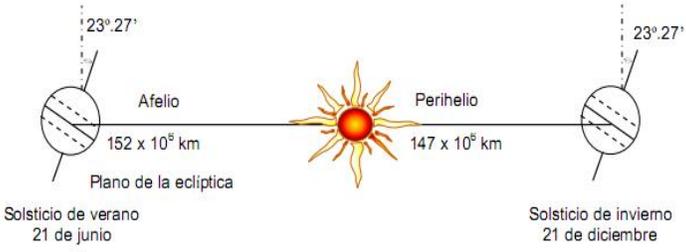


Fig. 6.2 Plano de la elíptica.

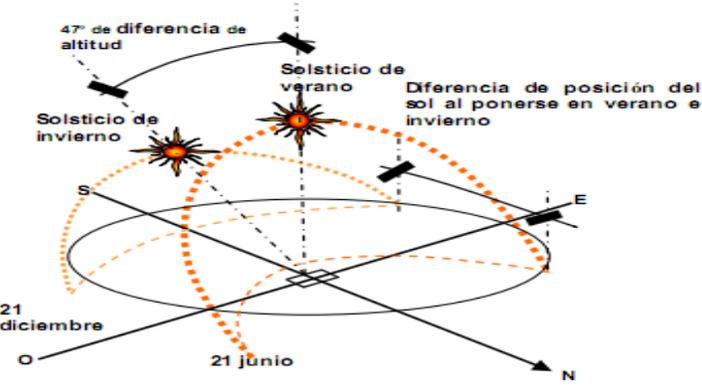


Fig. 6.3 Ruta aparente del sol.



Fig. 6.4 *Lineas imaginarias que definen las incidencias particulares de los rayos solares en la tierra.*

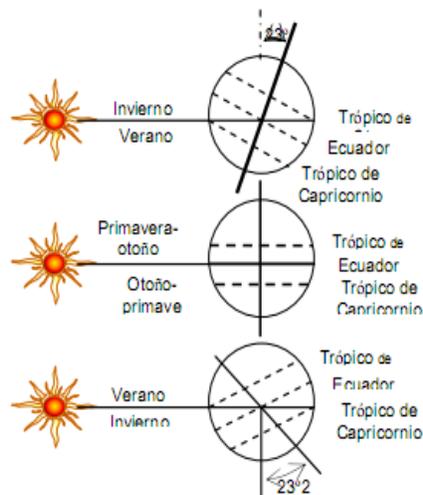


Fig. 6.5 *Periodos de incidencia normal de los rayos solares de la tierra.*

La ganancia solar es un flujo de energía que solo puede ser positivo y se refiere a la aportación de calor por radiación solar, en este aspecto es importante considerar las variables siguientes: la forma de la envolvente arquitectonica de la estructura, su relacion superficie, volumen, su orientacion, las aberturas y los dispositiivos de control solar. Si se trata de ganancias por conduccion, se debe destacar la relacion superficie-volumen.

6.3.2 Carta psicométrica

La psicometria es el estudio de las propiedades termodinamicas del aire atmosferico. La cara psicometrica es la represenacion grafica de dichas propiedades. Esta uilizada en el diseño bioclimatico como una herramienta para poner estraegias de adecuacion climatica y lograr el confort termico en las edificaciones. Existen varios tipos de diagramas al aire humedo, que pueden representar diferentes condiciones y fases del agua en su mezcla con el aire seco.

El diagrama psicometrico de Carrier toma como variables independientes la temperaura del aire seco y la humedad absoluta, que es la relacion de masa de vapor de agua con respecto a la masa de aire seco, representandose las variables en forma de parametros. Se toman como variables independientes la entalpia y la

humedad absoluta y al igual que la carta de Carrier, representa las demás variables como parámetros.

Los gráficos psicométricos dan las siguientes propiedades termodinámicas del aire húmedo a la atmósfera: temperatura de bulbos secos, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de rocío, humedad absoluta, humedad relativa, volumen específico entalpía. Si conocen dos de estas propiedades, puede determinarse el estado del aire con la carta psicométrica, y puede leerse los valores restantes en las líneas correspondientes que pasan por este punto.

Las cartas psicométricas que se tienen en la literatura comúnmente corresponden al nivel del mar, el cual una presión atmosférica de 101,325 Pa. Sin embargo, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se encuentra a una altura de 520 m.s.n.m con una presión atmosférica de 83,900 P.a. Se realizó una carta psicométrica correspondientes a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

6.4 Requerimientos y estrategias para la climatización pasiva por bioclimática

Si se desea ahorrar energía a partir del diseño, es necesario conocer cómo interactúan los habitantes con el clima (factores meteorológicos), las condiciones de confort térmico que requieren (frío, calor, humedad, etcétera) y las formas en las que el calor se propaga en la vivienda sustentable basada en la arquitectura bioclimática.

Requerimientos de climatización: Meses fríos (diciembre a marzo), calentamiento directo por la mañana, Inercia térmica de la envolvente, Mínimo contacto del edificio con él, Evitar infiltraciones, Evitar vientos fríos de invierno, Meses en transición (abril, mayo y noviembre): diciembre a febrero, Ventilación adecuada para el control higrométrico, Humidificación por las tardes.

Meses de calor (julio a octubre), Evitar ganancias solares, directas e indirectas, Espacios enterrados, semienterrados, taludes, Formas compactas y contiguas, Áreas exteriores protegidas (microclimas con patios), Ventilación natural con tratamiento previo (enfriamiento y humidificación), ventilación adecuada para el confort en estos meses.

La temperatura máxima sobrepasa los rangos de confort, excepto en invierno; la media permanece en los rangos de confort todo el año y la mínima por debajo. La

oscilación diaria está entre los 8 y 12 C durante todo el año. La precipitación anual entre 650 y 1000 mm. La humedad relativa máxima está por encima de los rangos durante todo el año; la medía y la mínima se ubica entre los rangos de confort. En este bioclimática se ubican Cd. Victoria, Mérida, Tuxtla Gutiérrez, entre otras.

La sensación de frío moderado se presenta en los meses de diciembre y enero. La sensación de calor se incrementa conforme avanza el día y el mes en el año hasta llegar a los meses más cálidos que son junio, julio y agosto. En el día se presenta calor húmedo, los requerimientos de climatización son los siguientes meses:

Meses de frío (diciembre a enero): Calentamiento, evitar pérdidas de calor durante la noches, en áreas con ventilación natural diurna y nocturna, utilizar materiales masivos, control de enfriamiento y humedad. Meses de transición (febrero, octubre y noviembre): Usar ventilación para confort higrométrico. Meses con calor (marzo a septiembre): Enfriar desde las 11 horas, evitar ganancias solares directas e indirectas, sombrear la vivienda y materiales ligeros.

La temperatura media y máxima están por encima de los rangos de confort en verano. La humedad relativa permanece fuera de confort casi todo el año, con una precipitación pluvial de alrededor de 1500 mm anuales. Vientos huracanados, ciclones y nortes. Ciudades que se ubican en este clima son: Campeche, Manzanillo, Tapachula, Acapulco, Cozumel, Cancún, Chetumal, Villahermosa, Tampico, Veracruz, entre otras.

La sensación más importante a contrarrestar es el bochorno. Los diseñadores de los espacios deben tomar en cuenta la humedad en el ambiente interior del espacio. En este clima se presenta principalmente el calor húmedo, lo cual puede ocasionar serios problemas a la estructura del edificio, mobiliario y cosas almacenadas en él, como la ropa y los alimentos.

Meses con confort (diciembre a enero): Cerrar ventanas en la noche. Meses con calor (febrero a noviembre): Deshumidificar y enfriar, evitar ganancias solares directa e indirectas todo el año, ventilación natural, no se recomienda vegetación en interior, materiales ligeros y espacios de uso diurno muy ventilados.

6.5 recomendaciones bioclimáticas para el diseño de la vivienda

Para emitir estas recomendaciones bioclimáticas de diseño arquitectónico y urbano, se integraron estudios del clima con análisis del comportamiento solar y de los vientos de cada región, a fin de definir los requerimientos de climatización: calentamiento, enfriamiento, humidificación, des humidificación, protección o captación solar. De esta manera, las recomendaciones resultantes cubren satisfactoriamente las estrategias y requerimientos de climatización.

La utilización de estas recomendaciones permite definir la orientación favorable de las fachadas, las características térmicas, espesores y acabados de los materiales de construcción, el asoleamiento en ventanas y la forma de la vivienda, entre otros. Si se toman en cuenta estos factores, se podrá diseñar una vivienda ahorradora de energía y con las condiciones de confort adecuadas al ambiente.

Estos conceptos pueden aplicarse sin costo extra para el constructor y, al mismo tiempo, brindar muchos beneficios para el usuario, por ejemplo: el ahorro de energía eléctrica, la disminución de la facturación, las condiciones de comodidades térmicas y ambientales, como la mitigación de CO₂, confort térmico dentro y fuera de la habitación.

Las recomendaciones se organizan de acuerdo con el clima y conforme al orden que se ha manejado hasta ahora. Estas se dividen en dos grupos: diseño urbano y diseño arquitectónico. Algunas ya han sido incorporadas en las normas de eficiencia energética de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE).

El primero abarca temas como la orientación correcta de las manzanas respecto al eje eólico y solar (viento-sol), a fin de aprovechar ambos factores, y el segundo trata aspectos de orientación de espacios interiores, desarrollo volumétrico de la envolvente, control solar, uso de la vegetación y ventilación con fines bioclimáticos, entre otros.

6.6. Energías Renovables

Artículo 690 sistemas solares fotovoltaicos:

690-1. Alcance. Lo dispuesto en este Artículo se aplica a sistemas eléctricos de energía solar fotovoltaica (FV), incluidos los arreglos de circuitos, inversores y controladores de dichos sistemas. Los sistemas solares fotovoltaicos cubiertos por este Artículo pueden ser interactivos con otras fuentes de producción de energía eléctrica o autónomos, con o sin almacenamiento de energía eléctrica, como baterías [6].

690-2. Definiciones Arreglo: Ensamble mecánicamente integrado de módulos o paneles con una estructura y bases de soporte, sistema de orientación y otros componentes, según se necesite para formar una unidad de generación de energía eléctrica de corriente continua.

Arreglo fotovoltaico bipolar: Arreglo fotovoltaico que tiene dos salidas, cada una con polaridad opuesta con respecto a un punto común de referencia o derivación central. Celda solar: Dispositivo fotovoltaico básico que genera electricidad cuando está expuesto a la luz solar.

Circuito de entrada del inversor: Los conductores entre el inversor y la batería en los sistemas autónomos o los conductores entre el inversor y los circuitos de salida fotovoltaicos para las redes de producción y distribución de energía eléctrica. Circuito de la fuente fotovoltaica: Los conductores entre módulos y desde los módulos hasta el o los puntos de conexión común del sistema de corriente continua.

Circuito de salida del inversor: Los conductores entre el inversor y un panel de distribución de corriente alterna en los sistemas autónomos o los conductores entre el inversor y el equipo de acometida u otra fuente de generación de energía eléctrica, como una red pública, para redes de generación y distribución de energía eléctrica.

Circuito de salida fotovoltaica: Los conductores del circuito entre el o los circuitos de la fuente fotovoltaica y el inversor o el equipo de utilización de corriente continua.

Controlador de carga: Equipo que controla la tensión de corriente continua o la corriente de corriente continua o ambas, usadas para cargar una batería.

Controlador de desviación de carga: Equipo que regula el proceso de carga de una batería, desviando la potencia del sistema de almacenamiento a las cargas de corriente alterna o de corriente continua o al servicio público interconectado.

Diodo de bloqueo: Diodo usado para impedir el flujo inverso de corriente hacia el circuito de la fuente fotovoltaica.

Dispositivos fotovoltaicos integrados en el edificio: Celdas fotovoltaicas, dispositivos, módulos o materiales modulares, que están integrados en una superficie exterior o en la estructura de un edificio y sirven como superficie protectora externa del edificio.

Inversor: Equipo que se utiliza para cambiar el nivel de tensión o la forma de onda, o ambas, de la energía eléctrica. En general un inversor es un dispositivo que cambia una entrada de corriente continua en una salida de corriente alterna. Los inversores también pueden funcionar como cargadores de baterías que emplean la corriente alterna de otra fuente y la convierten en corriente continua para cargar las baterías.

Módulo: Unidad completa protegida ambientalmente, que consta de celdas solares, óptica y otros componentes, sin incluir los sistemas de orientación, diseñada para generar energía de corriente continua cuando es expuesta a la luz solar.

Módulo de corriente alterna (Módulo fotovoltaico de corriente alterna): Unidad completa protegida ambientalmente, que consta de celdas solares, óptica, inversor y otros componentes, sin incluir los de sistemas de orientación, diseñada para generar corriente alterna cuando se expone a la luz solar.

Panel: Conjunto de módulos unidos mecánicamente, alambrados y diseñados para formar una unidad para instalarse en campo.

Punto de acoplamiento común. En un sistema interactivo es el punto en el cual se presenta la interfaz de la red de generación y distribución de energía eléctrica y el cliente. Por lo general, es el lado carga del medidor de la red del suministrador.

Red de generación y distribución de energía eléctrica: Sistema de generación, distribución y utilización de energía, tal como el sistema de una red pública y las

cargas conectadas, que es externo y no controlado por el sistema de energía fotovoltaica.

Sistema autónomo: Sistema solar fotovoltaico que suministra energía eléctrica independientemente de cualquier red de producción y distribución de energía eléctrica.

Sistema Fotovoltaico Solar: El total de componentes y subsistemas que, combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica adecuada para la conexión a una carga de utilización.

Sistema Híbrido: Sistema compuesto de fuentes múltiples de energía. Estas fuentes pueden ser generadores fotovoltaicos, eólicos, micro hidroeléctricas, grupos motor generador y otros, pero no incluyen las redes de los sistemas de generación y distribución de energía eléctrica. Los sistemas de almacenamiento de energía, tales como las baterías, no constituyen una fuente de energía para los propósitos de esta definición.

Sistema interactivo: Sistema solar fotovoltaico que funciona en paralelo con una red de generación y distribución de energía eléctrica, a la que puede alimentar. Para el propósito de esta definición, un subsistema de almacenamiento de energía de un sistema solar fotovoltaico, como una batería, no es otra fuente de producción.

Subarreglo: Un subconjunto eléctrico de un arreglo fotovoltaico.

Subarreglo monopolar: Un subarreglo fotovoltaico monopolar que tiene dos conductores en el circuito de salida, uno positivo (+) y uno negativo (-). Dos subarreglos fotovoltaicos monopolares son utilizados para formar un arreglo fotovoltaico bipolar.

Tensión del Sistema Fotovoltaico: Tensión de corriente continua de cualquier suministro fotovoltaico o circuito de salida fotovoltaico. Para instalaciones, la tensión del sistema fotovoltaico es la tensión más alta entre cualquier par de conductores de corriente continua.

690-3. Otros Artículos. Cuando los requisitos de otros Artículos de esta NOM y el Artículo 690 difieran, deben aplicarse los requisitos indicados en el Artículo 690 y, si el sistema funciona en paralelo con una fuente primaria de energía eléctrica.

Excepción: Los sistemas solares fotovoltaicos, los equipos o el alambrado instalados en un lugar peligroso (clasificado) también deben cumplir con las partes aplicables de los Artículos 500 hasta 516.

690-4. Instalación.

a) Sistema fotovoltaico. Se permite que un sistema solar fotovoltaico suministre energía eléctrica a una edificación u otra estructura, en adición a cualquier otro sistema de suministro de energía eléctrica.

b) Identificación y agrupamiento. Los circuitos de las fuentes fotovoltaicas y los circuitos fotovoltaicos de salida no deben instalarse en las mismas canalizaciones, charolas porta cables, cables, cajas de salida o de empalme o accesorios similares, como conductores, alimentadores o circuitos derivados de otros sistemas no fotovoltaicos, a menos que los conductores de los distintos sistemas estén separados por una división.

- 1) Circuitos de suministro fotovoltaico. Los circuitos de suministro fotovoltaico, deben estar identificados en todos los puntos de terminación, conexión o empalme.
- 2) Circuitos de salida fotovoltaica y del inversor. Los conductores de los circuitos de salida fotovoltaica, los circuitos de entrada y los de salida del inversor deben estar identificados en todos los puntos de terminación, conexión y empalme.
- 3) Conductores de sistemas múltiples. Cuando los conductores de más de un sistema fotovoltaico ocupen la misma caja de conexiones, canalización, o equipo, los conductores de cada sistema deben estar identificados en todos los puntos de terminación, conexión y empalme.
- 4) Agrupamiento. Cuando los conductores de más de un sistema fotovoltaico ocupen la misma caja de conexiones, o canalización con cubiertas removibles, los conductores de corriente alterna y de corriente continua de cada sistema deben ser agrupados separadamente, mediante amarres con alambre u otro medio similar, al menos una vez y luego deberán ser agrupados a intervalos no mayores de 1.80 metros.

c) Acomodo de las conexiones de módulos. Las conexiones a un módulo o panel deben estar organizadas de modo que si se quita un módulo o panel del circuito de un suministro fotovoltaico, no se interrumpa la continuidad de ningún conductor puesto a tierra a cualquier otro circuito de fuente fotovoltaica.

d) Equipo. Los inversores, moto generadores, módulos fotovoltaicos, tableros fotovoltaicos, módulos fotovoltaicos de corriente alterna, combinados de circuitos de alimentación y controladores de carga, destinados para usarse en sistemas de energía fotovoltaica deben estar aprobados e identificados para esa aplicación.

e) Alambrado y conexiones. El equipo y sistemas indicados en los incisos (a) hasta (d) anteriores y todo el alambrado asociado e interconexiones deben ser instalados por personal calificado.

f) Trayectoria de circuitos. Las fuentes fotovoltaicas y los conductores de salida dentro y fuera de un tubo CONDUIT, y dentro de un edificio o estructura, deben tener una trayectoria a lo largo de miembros estructurales del edificio, tales como vigas, travesaños y columnas, cuando la localización de esos miembros estructurales pueda ser determinada por simple observación.

g) Sistemas fotovoltaicos bipolares. Cuando la suma de las tensiones de sistemas fotovoltaicos de los dos sub arreglos mono polares, sin considerar la polaridad, excede la capacidad nominal de los conductores y del equipo conectado, los sub arreglos mono polares en un sistema fotovoltaico bipolar deben estar físicamente separados, los circuitos eléctricos de salida de cada sub arreglo deben estar instalados en canalización separada hasta la conexión con el inversor.

h) Inversores múltiples. Permite que un sistema fotovoltaico tenga inversores múltiples interactivos con el suministrador, instalados sobre un solo edificio o estructura. Cuando los inversores estén localizados remotamente uno del otro, se debe colocar un directorio, en medio de desconexión de cada sistema fotovoltaico, en cada medio de desconexión de corriente alterna y en medio de desconexión de la acometida principal.

690-5. Protección contra fallas a tierra. Los arreglos fotovoltaicos de corriente continua puestos a tierra deben tener protección contra fallas a tierra de corriente continua, que cumpla con los requisitos de (a) hasta (c) siguientes para reducir los peligros de incendio. Los arreglos fotovoltaicos de corriente continua no puestos a tierra deben cumplir lo establecido en 690-35.

Excepción 1: Se permitirá que no tengan protección contra fallas a tierra los arreglos fotovoltaicos montados en el suelo o en postes, con no más de dos circuitos de alimentación en paralelo y con todas las fuentes de corriente continua

y todos los circuitos de salida de corriente continua, cuando están separados de edificios.

Excepción 2: Se permitirá que los arreglos fotovoltaicos instalados en lugares diferentes de las unidades de vivienda no tengan protección contra fallas a tierra, si cada conductor de puesta a tierra de equipos está dimensionado de acuerdo con 690-45.

a) Detección e interrupción de fallas a tierra. El dispositivo o sistema de protección contra fallas a tierra debe ser capaz de detectar una corriente de falla a tierra, interrumpir el flujo de la corriente de falla y suministrar una indicación de dicha falla. Se permitirá la apertura automática del conductor puesto a tierra del circuito con falla para interrumpir la trayectoria de la corriente de falla.

Si un conductor puesto a tierra se abre para interrumpir la trayectoria de la corriente de falla a tierra, todos los conductores del circuito con falla se deben abrir automática y simultáneamente. La operación manual del desconectado principal del circuito fotovoltaico de corriente continua no debe activar el dispositivo de protección contra fallas a tierra ni hacer que los conductores puestos a tierra se conviertan en no puestos a tierra.

b) Separación de los circuitos con falla. Los circuitos con falla se deben aislar mediante uno de los siguientes métodos: Los conductores de fase del circuito con falla se deben desconectar automáticamente. El inversor o el controlador de carga alimentado por el circuito con falla deben suspender automáticamente la alimentación a los circuitos de salida.

c) Etiquetado y marcado. Debe aparecer una etiqueta de advertencia en el inversor interactivo con el suministrador o debe colocarse cerca del indicador de falla a tierra en una ubicación visible, indicando lo siguiente:

Advertencia: peligro de descarga eléctrica si se indica una falla a tierra, los conductores normalmente puestos a tierra pueden estar energizados y no puestos a tierra. Cuando el sistema fotovoltaico también tiene baterías, la misma advertencia se debe colocar en un lugar visible en las baterías.

690-6. Módulos de corriente alterna.

- a) Circuitos de una fuente fotovoltaica. Para los módulos de corriente alterna, no se deben aplicar los requisitos del Artículo 690 relacionados con los circuitos de una fuente fotovoltaica. El circuito de una fuente fotovoltaica, los conductores y los inversores, deben considerarse como alambrado interno de un módulo de corriente alterna.
- b) Circuito de salida del inversor. La salida de un módulo de corriente alterna debe considerarse como circuito de salida del inversor.
- c) Medios de desconexión. Se permitirá un solo medio de desconexión, de acuerdo con 690-15 y 690-17, para la salida de corriente alterna combinada de uno o más módulos de corriente alterna. Adicionalmente, cada módulo de corriente alterna, en un sistema con varios módulos de corriente alterna, debe ser provisto con un medio de desconexión del tipo terminal, atornillado o con conector.
- d) Detección de fallas a tierra. Se permitirá que los sistemas de módulos de corriente alterna usen un solo dispositivo de detección para detectar solamente fallas a tierra de corriente alterna y para deshabilitar el arreglo interrumpiendo la alimentación de corriente alterna a los módulos de corriente alterna.
- e) Protección contra sobre corriente. Se permitirá que los circuitos de salida de los módulos de corriente alterna tengan protección contra sobre corriente y que el dimensionamiento de los conductores.

Requisitos para los circuitos 690-7. Tensión máxima. En un circuito de fuente fotovoltaica de corriente continua. o un circuito de salida, la tensión máxima del sistema fotovoltaico para ese circuito se debe calcular como la suma de la tensión de circuito abierto de los módulos fotovoltaicos conectados en serie, corregido para la más baja temperatura ambiente esperada. Para módulos de silicio cristalino, se debe multiplicar la tensión nominal de circuito abierto por el factor de corrección.

Esta tensión se debe usar para determinar la tensión nominal de cables, dispositivos de protección contra sobre corriente y otros equipos. Cuando la temperatura ambiente esperada más baja esté por debajo de 40 °C, o cuando se emplean módulos fotovoltaicos diferentes a los de silicio cristalino, se debe realizar el ajuste de la tensión del sistema de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

- a) Cuando los coeficientes de temperatura para la tensión de circuito abierto se suministran en las instrucciones para módulos fotovoltaicos, éstos se deben utilizar para calcular la tensión máxima del sistema fotovoltaico.
- b) Circuitos de utilización de corriente continua. La tensión de los circuitos de utilización de corriente continua debe ser de acuerdo con 210-6.
- c) Circuitos de fuentes y de salida fotovoltaica. En viviendas unifamiliares, se permitirá que los circuitos de fuente fotovoltaica y los circuitos de salida, que no incluyan portalámparas, contactos o accesorios, tengan una tensión máxima del sistema fotovoltaico de hasta 600 volts. Otras instalaciones con una tensión máxima del sistema fotovoltaico superior a 600 volts deben cumplir con el Artículo 690, Parte I.
- d) Circuitos de más de 150 volts a tierra. En las viviendas unifamiliares, las partes vivas de los circuitos de fuentes fotovoltaicas y los circuitos fotovoltaicos de salida de más de 150 volts a tierra, deben ser accesibles únicamente a personas calificadas, mientras estén energizados.
- e) Circuitos de fuentes bipolares y de salida. Para circuitos de 2 hilos conectados a sistemas bipolares, la tensión máxima del sistema debe ser la mayor tensión entre los conductores del circuito de 2 hilos si aplican todas las condiciones siguientes: Un conductor de cada circuito de un sub arreglo bipolar está sólidamente puesto a tierra

Excepción: La operación de dispositivos (operación anormal) de fallas a tierra o por falla de arco, son permitidos para interrumpir esta conexión a tierra, cuando el arreglo bipolar completo se convierte en dos arreglos distintos, separados uno del otro y del equipo de utilización. Cada circuito esté conectado a un sub arreglo separado. El equipo esté marcado claramente con una etiqueta que indique:

Advertencia: arreglo fotovoltaico bipolar la desconexión de los conductores del neutro o los puestos a tierra puede ocasionar una sobretensión en el arreglo o en el inversor. Tabla 690-7.- factores de corrección de la tensión para módulos de silicio cristalino. 690-8. dimensionamiento y corriente de los circuitos.

- a) Cálculo de la corriente máxima del circuito. La corriente máxima para un circuito específico se debe calcular de acuerdo con (1) hasta (4) siguientes.

- 1) Corrientes del circuito de la fuente fotovoltaica. La corriente máxima debe ser la suma de la corriente de cortocircuito de los módulos en paralelo, multiplicado por el 125 por ciento.
 - 2) Corrientes del circuito fotovoltaico de salida. La corriente máxima debe ser la suma de las corrientes máximas de los circuitos de las fuentes en paralelo, como se calcula en el inciso (1) anterior.
 - 3) Corriente del circuito de salida del inversor. La corriente máxima debe ser la corriente permanente de salida del inversor.
 - 4) Corriente del circuito de entrada de un inversor autónomo. La corriente máxima debe ser la corriente permanente de entrada del inversor autónomo, cuando el inversor esté produciendo su potencia nominal a la tensión más baja de entrada.
- b) Capacidad y valor nominal de los dispositivos de protección contra sobre corriente. Se considerarán como constantes las corrientes de los sistemas fotovoltaicos.
- 1) Dispositivos de Sobre corriente. Donde son requeridos, los dispositivos de sobre corriente deben ser seleccionados como es requerido en (a) hasta (d) siguientes: (a) Conducir no menos del 125 por ciento de la corriente máxima.
 - 2) Capacidad del Conductor. Los conductores del circuito deben ser seleccionados para conducir cuando menos, la mayor corriente determinada en (a) o (b) siguientes. (a) 125 por ciento de las corrientes máximas sin ningún factor adicional de corrección por las condiciones de uso. (b) Las máximas corrientes después que las condiciones de uso han sido aplicadas.
- c) Sistemas con múltiples tensiones de corriente continua. Para una fuente fotovoltaica de potencia, que tiene circuitos de múltiples tensiones de salida y que usa un conductor común de retorno, la capacidad de dicho conductor no debe ser menor a la suma de las corrientes nominales de los dispositivos de protección contra sobre corriente de los circuitos individuales de salida.
- d) Dimensionamiento de los conductores de interconexión del módulo. Cuando un dispositivo de sobre corriente es utilizado para proteger un conjunto de dos o más circuitos de módulos conectados en paralelo, la capacidad de cada uno de los conductores de interconexión del módulo no deberán ser menor a la suma del

valor nominal de los fusibles individuales, más el 125 por ciento de la corriente de cortocircuito de los otros módulos conectados en paralelo.

690-9. Protección contra sobre corriente: a) Circuitos y equipos. El circuito de una fuente fotovoltaica, 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 según establece el Artículo 240. Los circuitos conectados a más de una fuente de suministro eléctrico deben tener dispositivos de protección contra sobre corriente instalados de modo que brinden esa protección desde todas las fuentes.

No requiere un dispositivo de sobre corriente para módulos fotovoltaicos o conductores del circuito de fuentes fotovoltaicas, cuando una de las siguientes condiciones aplica:

a) No existen fuentes externas tales como circuitos de una fuente conectados en paralelo, baterías o retroalimentación desde inversores. (b) Las corrientes de corto circuito de todas las fuentes no exceden la capacidad de los conductores.

b) Transformadores de potencia. Un transformador con una o varias fuentes conectadas en cada lado, se debe proteger contra sobre corriente de acuerdo con lo establecido en 450-3, considerando primero uno de los lados del transformador como el primario y después el otro lado.

Excepción: Un transformador de potencia con una corriente nominal en el lado que está conectado a la salida del inversor interactivo con el suministrador, no menor que la corriente de salida nominal continua del inversor, se permite sin protección de sobre corriente del inversor.

c) Circuitos de una fuente fotovoltaica. Se permitirá que los dispositivos contra sobre corriente de los circuitos derivados o de los dispositivos contra sobre corriente tipo complementario, proporcionen protección contra sobre corriente en los circuitos de la fuente fotovoltaica. Los dispositivos de sobre corriente deben ser accesibles, pero no se exigirá que sean fácilmente accesibles.

Los valores normalizados de los dispositivos complementarios de protección contra sobre corriente permitidos en esta sección se deben dar en incrementos de un amperio, empezando en 1 amperio y hasta 15 amperios inclusive. Los valores

normales superiores a 15 amperes para los dispositivos complementarios de protección contra sobre corriente.

d) Valores nominales de corriente continua. Los dispositivos de protección contra sobre corriente, ya sean fusibles o interruptores automáticos, que se utilicen en cualquier parte de corriente continua de un sistema fotovoltaico de potencia, deben estar etiquetados para su uso en circuitos de corriente continua y deben tener los valores nominales adecuados de tensión, corriente y capacidad interruptora.

e) Protección de sobre corriente en serie. En circuitos de fuentes fotovoltaicas, un solo dispositivo de protección por sobre corriente será permitido para proteger los módulos fotovoltaicos y los conductores de interconexión.

690-10. Sistemas autónomos. El sistema de alambrado de los inmuebles debe ser adecuado para cumplir con los requisitos de esta NOM para una instalación similar conectada a una acometida. El alambrado del lado de la alimentación del medio de desconexión del edificio o estructura debe cumplir con esta NOM, con excepción de lo que se modifica de (a) hasta (c) siguientes.

a) Salida del inversor. Se permitirá que la salida de corriente alterna de un inversor autónomo suministre alimentación de corriente alterna al medio de desconexión del edificio o estructura a niveles de corriente menores a la carga calculada para ese desconectado. El valor nominal de salida del inversor o el de una fuente de energía alterna debe ser igual o mayor a la carga requerida por el equipo de utilización individual más grande conectado al sistema.

b) Dimensionamiento y protección. Los conductores del circuito entre la salida del inversor y el medio de desconexión del edificio o estructura deben estar dimensionados con base en el valor nominal de salida del inversor. Estos conductores deben protegerse de sobre corrientes. Dicha protección debe ubicarse en la salida del inversor.

c) Una sola alimentación de 120 volts. Se permitirá que la salida del inversor de un sistema solar fotovoltaico autónomo suministre 120 volts a un equipo de acometida monofásico, de 3 hilos, de 120/240 volts, o tableros de distribución cuando no hay salidas de 240 volts y cuando no existan circuitos derivados. En todas las instalaciones, el valor nominal del dispositivo de protección contra sobre corriente conectado a la salida del inversor.

Advertencia: peligro de descarga eléctrica. Los conductores de corriente continua de este sistema fotovoltaico no están puestos a tierra y pueden estar energizados. Los inversores o los controladores de carga usados en sistemas con circuitos de fuentes fotovoltaicas y de salida no puestos a tierra deben ser adecuados para ese propósito.

690-41. Puesta a tierra del sistema. Para una fuente de potencia fotovoltaica, un conductor de un sistema de 2 hilos con una tensión del sistema fotovoltaico de más de 50 volts y el conductor de referencia (derivación central) de un sistema bipolar, debe estar sólidamente puesto a tierra o debe utilizar otros métodos que logren una protección equivalente del sistema y que utilicen equipo aprobado para ese uso.

690-42. Punto de conexión de la puesta a tierra del sistema. La conexión de puesta a tierra del circuito de corriente continua se debe hacer en un solo punto del circuito de salida fotovoltaico.

Excepción: Se permitirá que los sistemas con un dispositivo de protección contra fallas a tierra, tengan la unión exigida del conductor puesto a tierra con la tierra hecha por el dispositivo de protección contra fallas a tierra. Esta unión, cuando sea interna del equipo de protección contra fallas a tierra, no se debe duplicar con una conexión externa.

690-43. Puesta a tierra del equipo. Los conductores y dispositivos de puesta a tierra del equipo deben cumplir con (a) hasta (f) siguientes.

a) Equipo con requerimiento de puesta a tierra. Partes metálicas expuestas, no portadoras de corriente, de bastidores de módulos fotovoltaicos, equipo eléctrico y envolventes de conductores deben ser puestos a tierra, sin importar la tensión.

b) Requerimiento de conductor de puesta a tierra de equipo. Se requiere un conductor de puesta a tierra del equipo, entre un arreglo fotovoltaico y otro equipo.

c) Estructura como conductor de puesta a tierra. Dispositivos aprobados para poner a tierra los bastidores metálicos de los módulos fotovoltaicos u otros equipos, se permitirán para unir las superficies del metal expuesto u otro equipo a las estructuras de montaje. Las estructuras metálicas de montaje, que no sean del

edificio, utilizados para fines de puesta a tierra serán identificadas como conductores de puesta a tierra de equipos.

d) Sistemas y dispositivos de montaje fotovoltaicos. Los sistemas y dispositivos utilizados para el montaje de módulos fotovoltaicos, que también se utilizan para proporcionar puesta a tierra a los bastidores de los módulos, deben ser identificados para el propósito de puesta a tierra de los módulos fotovoltaicos.

e) Módulos adyacentes. Los dispositivos aprobados para unión de bastidores metálicos de módulos fotovoltaicos, se permite utilizarlos como unión entre los bastidores metálicos expuestos de los módulos fotovoltaicos y los bastidores metálicos de módulos fotovoltaicos adyacentes.

f) Todos los conductores juntos. Los conductores de puesta a tierra del equipo para el arreglo fotovoltaico y la estructura fotovoltaica (cuando se instale), deben estar contenidos dentro de la misma canalización o cable o estar tendidos de otra manera junto con los conductores del circuito del arreglo fotovoltaico, cuando tales conductores del circuito salgan cerca del arreglo fotovoltaico.

690-45. Tamaño del conductor de puesta a tierra de equipos. Los conductores de puesta a tierra de equipos para circuitos de fuentes fotovoltaicas y circuitos de salida fotovoltaica se deben dimensionar de acuerdo con (a) o (b) siguientes.

a) General. Los conductores de puesta a tierra de equipo para los circuitos de fuentes fotovoltaicas y los circuitos de salida fotovoltaica, deben estar dimensionados. Cuando no se instale en el circuito un dispositivo de protección contra sobre corriente, se debe suponer un dispositivo de sobre corriente con el valor de la corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico.

b) Sin protección contra fallas a tierra. Para lugares diferentes a las unidades de vivienda donde no se suministra protección contra fallas a tierra, cada conductor de puesta a tierra de equipos debe tener una capacidad de por lo menos dos (2) veces la capacidad corregida por ocupación del tubo CONDUIT y por temperatura del conductor del circuito.

690-46. Conductores de puesta a tierra de equipos de un arreglo fotovoltaico. Los conductores de puesta a tierra de equipos con tamaño inferior a 13.3 mm^2 (6 AWG) para módulos fotovoltaicos deben cumplir con 250-120(c).

690-47. Sistema del electrodo de puesta a tierra. a) Sistemas de corriente alterna. Si se instala un sistema de corriente alterna, se debe proveer un sistema de electrodo de puesta a tierra que cumpla lo establecido en 250-50 hasta 250-60. El conductor del electrodo de puesta a tierra se debe instalar de acuerdo con 250-64.

b) Sistemas de corriente continua. Si se instala un sistema de corriente continua, se debe proveer un sistema de electrodo de puesta a tierra de acuerdo con 250-166 para sistemas puestos a tierra, o con 250-169 para sistemas no puestos a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra se debe instalar de acuerdo con 250-64.

Se permite que un conductor común del electrodo de puesta a tierra sirva a varios inversores. Los conductores derivados deben estar conectados al conductor común del electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica o mediante conectores aprobados para unión y puesta a tierra de equipo de tal manera que conductor del electrodo común de puesta a tierra permanezca sin un empalme o unión.

c) Sistemas con requerimientos de puesta a tierra de corriente continua y corriente alterna. Los sistemas fotovoltaicos que tengan circuitos de corriente continua. Y circuitos de corriente alterna, que no tienen conexión directa entre el conductor puesto a tierra de corriente continua y el conductor puesto a tierra de corriente alterna, deberán tener un sistema de puesta a tierra de corriente continua.

1) Sistema separado de electrodo de puesta a tierra de corriente continua unido al sistema del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna. Un electrodo o sistema separado de puesta a tierra de corriente continua debe ser instalado, y debe estar unido directamente al sistema del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna, el tamaño de cualquier puente de unión entre los sistemas de corriente continua y los de corriente alterna debe estar basado en el tamaño mayor del conductor.

El electrodo de puesta a tierra de corriente alterna o el tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua. El conductor del sistema del electrodo de puesta a tierra de corriente continua o los puentes de unión al sistema del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna no deben ser utilizados como un sustituto para cualquier conductor requerido de puesta a tierra de equipo de corriente alterna.

2) Electrodo común de puesta a tierra de corriente continua y de corriente alterna. Un conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua del tamaño debe correr desde el punto de conexión marcado del electrodo de puesta a tierra de corriente continua hasta el electrodo de puesta a tierra de corriente alterna. Cuando un electrodo de puesta a tierra de corriente alterna no sea accesible.

El conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua debe estar conectado al conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna. Este conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua no debe ser utilizado como un sustituto para cualquier conductor requerido de puesta a tierra del equipo de corriente alterna.

3) Combinación de conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continuo y conductor del electrodo de puesta a tierra del equipo de corriente alterna. Un conductor combinado de puesta a tierra sin empalmes, o irreversiblemente empalmado, debe correr desde el punto de conexión marcado del conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua con los conductores del circuito de corriente alterna.

690-48. Continuidad del sistema de puesta a tierra de equipos. Cuando el retiro de un equipo desconecta la unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y las superficies conductoras expuestas en el equipo del circuito de salida o del suministro fotovoltaico, se debe instalar un puente de unión mientras el equipo esté removido.

690-49. Continuidad de los Conductores Puestos a Tierra del Circuito de Salida y del Suministro fotovoltaico. Cuando al retirar el inversor interactivo con el suministrador u otro equipo, se desconecta la unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y el conductor puesto a tierra del circuito fotovoltaico de salida y/o el de la fuente fotovoltaica, se debe instalar un puente de unión para mantener la puesta a tierra del sistema mientras el inversor o el equipo esté removido.

690-50. Puentes de unión del equipo. Los puentes de unión del equipo, si se utilizan, deben cumplir con 250-120.

690-51. Módulos. Los módulos deben estar marcados en las puntas o terminales con la polaridad, la corriente nominal máxima del dispositivo de protección contra sobre corriente del módulo y los siguientes valores:

1. Tensión de circuito abierto.
2. Tensión de operación.
3. Tensión máxima permisible del sistema.
4. Corriente de operación.
5. Corriente de cortocircuito.
6. Potencia máxima.

690-52. Módulos fotovoltaicos de corriente alterna. Los módulos de corriente alterna deben estar marcados con la identificación de las puntas o terminales y los siguientes valores:

1. Tensión nominal de operación de corriente alterna.
2. Frecuencia nominal de operación de corriente alterna.
3. Potencia máxima de corriente alterna.
4. Corriente máxima de corriente alterna.
5. Valor nominal máximo del dispositivo de sobre corriente para la protección del módulo de corriente alterna.

690-53. Fuente de potencia fotovoltaica de corriente continua. Se debe instalar en el medio de desconexión fotovoltaico una etiqueta permanente para la fuente de potencia fotovoltaica de corriente continua, indicando lo siguiente:

1. Corriente nominal en el punto de máxima potencia.
2. Tensión nominal en el punto de máxima potencia.
3. Tensión máxima del sistema.
4. Corriente de cortocircuito.
5. Corriente nominal máxima de salida del controlador de carga (si está instalado).

690-54. Puntos de interconexión de sistemas interactivos. Todos los puntos de interconexión de sistemas interactivos con otras fuentes, deben estar marcados en un lugar accesible en el medio de desconexión, como una fuente de energía, y con la corriente nominal de salida de corriente alterna y la tensión nominal de operación de corriente alterna.

690-55. Sistemas de potencia fotovoltaica que emplean almacenamiento de energía. Los sistemas de potencia fotovoltaica que emplean almacenamiento de energía también se deben marcar con la tensión máxima de operación, incluyendo cualquier tensión de ecualización y la polaridad del conductor del circuito puesto a tierra.

690-56. Identificación de las fuentes de energía.

a) Instalaciones con sistemas autónomos. Toda estructura o edificio con un sistema de fuente fotovoltaica que no esté conectado a un suministro de la red pública y es un sistema autónomo, debe tener una placa o un directorio permanente instalado en el exterior del edificio o la estructura, en un lugar fácilmente visible.

b) Instalaciones con sistemas fotovoltaicos y acometida de la red pública. Los edificios o estructuras con sistemas tanto fotovoltaicos como de la red pública, deben tener una placa o un directorio permanente que indique la ubicación del medio de desconexión de la acometida y del medio de desconexión del sistema fotovoltaico, si no están ubicados en el mismo lugar.

690-57. Desconectado de carga. Un desconectado de carga que tenga múltiples fuentes de energía debe desconectar todas las alimentaciones, cuando está en posición de desconectado (abierto).

690-60. Equipo interactivo identificado. En sistemas interactivos sólo se permitirán inversores y módulos de corriente alterna identificados como interactivos.

690-61. Pérdida de potencia en un sistema interactivo. Un inversor o un módulo de corriente alterna de un sistema fotovoltaico solar interactivo debe desenergizar automáticamente su salida a la red de generación y distribución de energía eléctrica a la cual está conectada, cuando haya una pérdida de tensión en dicho sistema y debe permanecer en tal estado hasta que se restablezca la tensión de la red de generación y distribución de energía eléctrica.

Baterías de acumuladores 690-71. Instalación.

a) Generalidades. Las baterías de acumuladores en los sistemas solares fotovoltaicos se deben instalar. Las celdas interconectadas de la batería serán

consideradas como puestas a tierra cuando la fuente de alimentación fotovoltaica está instalada.

b) Unidades de vivienda.

1) Tensión de funcionamiento. Las baterías para unidades de vivienda deben tener sus celdas conectadas de modo que funcionen a menos de 50 volts nominales. Las baterías de plomo ácido para unidades de vivienda no deben tener más de veinticuatro celdas, de 2 volts cada una, conectadas en serie (48 volts nominales).

2) Resguardo de las partes vivas. Las partes vivas de los sistemas de baterías para unidades de vivienda deben estar resguardadas para evitar el contacto accidental con personas u objetos, independientemente de la tensión o del tipo de batería.

c) Limitadores de corriente. Se debe instalar un dispositivo de sobre corriente, limitador de corriente, en cada uno de los circuitos adyacente a las baterías cuando la corriente de cortocircuito de una batería o banco de baterías exceda los valores nominales de capacidad interruptora o soportable de otros equipos en ese circuito. La instalación de fusibles limitadores de corriente.

d) Cajas no conductoras de las baterías y bastidores conductores. Las baterías de plomo ácido, ventiladas y con más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (48 volts nominales), no deben tener ni estar instaladas en cajas conductoras. Se permitirán bastidores conductores para soportar las cajas no conductoras de las baterías, cuando ningún material del bastidor esté a una distancia menor a 15 centímetros de las partes superiores de las cajas no conductoras.

e) Desconexión de los circuitos de baterías en serie. Cuando se da mantenimiento por personas calificadas a los circuitos de baterías, cuando están conectadas en serie más de veinticuatro celdas de 2 volts (48 volts nominales), deben tener medios que desconecten grupos en segmentos de 24 celdas o menos, para el mantenimiento.

f) Medio de desconexión para mantenimiento de las baterías. Para mantenimiento, las instalaciones de baterías donde hay más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (48 volts nominales), deben tener un medio de desconexión,

accesible sólo a personas calificadas, que desconecte el conductor o conductores del circuito puestos a tierra en el sistema eléctrico de la batería.

g) Sistemas de baterías de más de 48 volts. En los sistemas fotovoltaicos donde el sistema de baterías consta de más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (más de 48 volts nominales), se permitirá que el sistema de baterías opere con conductores de fase.

690-72. Control de carga.

a) General. Deben instalarse equipos que controlen el proceso de carga de las baterías. No se exigirá control de carga cuando el diseño del circuito de la fuente fotovoltaica corresponda con los requisitos de corriente de carga y tensión nominal de las celdas de baterías, y la corriente máxima de carga multiplicada por 1 hora sea inferior al 3 por ciento de la capacidad de la batería expresada en ampere-horas o como lo recomiende el fabricante de la batería.

b) Controlador de carga por desviación.

1) Medio único de regulación del proceso de carga. Un sistema de fuente fotovoltaica que utilice un controlador de carga por desviación como el único medio de regulación del proceso de carga de la batería, debe estar equipado con un segundo medio independiente, para prevenir la sobrecarga de la batería.

2) Circuitos con controlador de carga de baterías de corriente continua por desviación y desviación de carga. Los circuitos que tengan un controlador de desviación de carga de baterías de corriente continua y una carga de desviación de corriente continua deben cumplir las siguientes condiciones:

1. La corriente nominal de la carga de desviación debe ser menor o igual a la corriente nominal del controlador de carga por desviación. La tensión nominal de la carga de desviación debe ser mayor que la tensión máxima de la batería. El valor nominal de la carga de desviación debe ser por lo menos del 150 por ciento del valor nominal del arreglo fotovoltaico.

2. La capacidad del conductor y el valor nominal del dispositivo de sobre corriente para este circuito debe ser por lo menos del 150 por ciento de la corriente nominal máxima del controlador de carga por desviación.

3) Sistemas fotovoltaicos que usan inversores interactivos con el suministrador. Los sistemas de fuentes fotovoltaicas que usan inversores interactivos con el suministrador para controlar el estado de carga de la batería, desviando el exceso de potencia en el sistema del suministrador.

c) Convertidores de corriente continua, elevador/reductor. Cuando estén instalados controladores de carga, elevadores/reductores, u otro convertidor de energía de corriente continua que aumente o disminuya la corriente de salida o la tensión de salida, con respecto a la corriente entrada o tensión de entrada, se debe cumplir con (1) y (2) siguientes.

1. La capacidad de los conductores en los circuitos de salida debe estar basada en la corriente nominal máxima continua de salida del controlador de carga o convertidor, para el rango de tensión de salida seleccionado.

2. La tensión nominal de los circuitos de salida debe estar basado en la salida de tensión máxima del controlador de carga o convertidor, para el rango de tensión de salida seleccionado.

690-74. Interconexiones de las baterías. a) Cables flexibles. Dentro de los cuartos de baterías se permitirá instalar cables flexibles, de tamaño 67.4 mm² (2/0 AWG) y mayores, desde los terminales de las baterías hasta las cajas de empalmes cercanas, donde se deben conectar con un método de alambrado aprobado. También se permitirá conectar cables flexibles entre baterías y celdas dentro del cuarto de baterías.

6.7 Uso eficiente de la energía y energías renovables

Como parte de los esfuerzos de la Secretaría de Energía para lograr un desarrollo sustentable en nuestro país, el sector energía fomenta el uso de las fuentes alternas de energía, tanto para aplicaciones conectadas a la red como en el entorno rural, e impulsa acciones de eficiencia energética en los ámbitos estatal y municipal para así identificar potenciales, definir intereses estatales y establecer vínculos de apoyo financiero y técnico.

Parte de los esfuerzos propician la participación de los distintos actores bajo las siguientes vertientes: políticas institucionales, asistencia técnica y desarrollo tecnológico, cooperación y financiamiento nacional e internacional en el

desarrollo sustentable. En este esfuerzo participan dependencias y organismos gubernamentales, tales como:

la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), BANOBRAS, el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE), la Universidad Nacional Autónoma de México (CIE-UNAM).

6.8 Energía solar

El conocimiento general que se tiene de la energía solar en nuestro país indica que más de la mitad del territorio nacional presenta una densidad en promedio energética de 5 kW por metro cuadrado al día. Esto significa que para un dispositivo de recolección y transformación de energía solar a energía eléctrica que tuviera una eficiencia de 100%, bastaría un metro cuadrado para proporcionar energía eléctrica a un hogar promedio que consume 150 kW por mes [7].

De manera más precisa, considerando eficiencias de 10% para los dispositivos en el mercado, se puede decir que con 200 millones de m² de área de colección de radiación solar (un área de 14.2 km por lado) podríamos dar electricidad a todos los hogares mexicanos. Esto no significa, sin embargo, que la energía solar directa sea la más económica para el universo de usuarios de energía en el país, ya que su costo actual sólo lo justifica para un número limitado de usuarios.

El sol es la mayor fuente de energía existente en nuestro planeta. La energía es transmitida por medio de ondas electromagnéticas presentes en los rayos solares, estas son generadas en forma continua y emitida permanentemente al espacio, esta energía la podemos percibir en forma de luz y calor. Cerca del 70% de la energía solar recibida por la tierra es absorbida por la atmósfera, la tierra y por los océanos, el 30% restante es reflejado por la atmósfera de regreso al espacio.

La energía solar cumple un rol fundamental en nuestras vidas, esto porque sin ella sería imposible. La energía absorbida por la atmósfera, la tierra y los océanos permite una serie de procesos naturales, como por ejemplo mantener una temperatura promedio, la evaporación, que permite la generación de

precipitaciones, movimiento de masas de aire, fotosíntesis, generación de biomasa, etc.

La energía solar es una fuente de energía renovable, inagotable, limpia y sustentable en el tiempo. Ahora bien, la potencia de la radiación depende del momento del día, las condiciones atmosféricas y la ubicación. Bajo condiciones óptimas se puede asumir un valor aproximado de irradiación de 1000 W/m^2 en la superficie terrestre. Esta radiación puede llegar a la tierra en forma directa o difusa.

Radiación Directa: es aquella que llega directamente del Sol hasta algún objeto o superficie terrestre, sin reflexiones o refracciones en su recorrido. Este tipo de radiación puede reflejarse y concentrarse para su utilización. Además se caracteriza por producir sombras bien definidas de los objetos que se interponen en su trayecto de la radiación.

Radiación Difusa: Es la radiación emitida por el sol y que sufre alteraciones en su recorrido desde que ingresa a la atmósfera, es reflejada por partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios o absorbida por las nubes. Producto de las constantes reflexiones va perdiendo energía. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que pueden ver el cielo en todas las direcciones, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.

La irradiación directa normal fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor promedio de 1354 W/m^2 , el valor máximo se encuentra en el perihelio (lugar donde un planeta se encuentra más cercano al sol) y corresponde a 1395 W/m^2 , mientras que el valor mínimo se encuentra en el afelio (lugar donde un planeta se encuentra más lejano al sol) y es de 1308 W/m^2 .

Energía solar pasiva: aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos, aprovecha la energía calórica del sol para calentar algún tipo de fluido a baja temperatura, normalmente agua, para uso sanitario y calefacción, los sistemas utilizados para esto se denominan colectores solares, **Energía solar fotovoltaica:** aprovecha la energía lumínica del sol para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar.

El Sol irradia energía a una temperatura de $6000 \text{ }^\circ\text{C}$. El Sol produce energía mediante la reacción nuclear de fusión, esta energía alcanza a la Tierra en la forma de cuantos de energía que se llaman fotones, estos llegan a la atmósfera y

propician reacciones en la superficie terrestre. La intensidad de la radiación emitida por el Sol en el borde exterior de la atmósfera, considerando que la Tierra está a una distancia del Sol estable, se llama constante solar.

Sin embargo, esta cantidad no es constante ya que la intensidad de energía que alcanza la superficie de la Tierra es menor que la constante solar por el efecto de la absorción y de la dispersión de la radiación. Además, la intensidad de energía que llega del Sol en cualquier punto de la Tierra es determinada por el día del año, la hora y la latitud y longitud.

La radiación del Sol que llega a la atmósfera de la Tierra disminuye por diversos elementos, como son, la absorción de la radiación, los gases en la atmósfera, como dióxido de carbono, ozono, y otros gases más, por el vapor de agua, por las partículas de polvo, moléculas y gotas de agua, por reflexión de las nubes y por la inclinación en la que se recibe la radiación es decir, no se recibe la misma radiación en el Ecuador que en la Antártida.

Esta energía renovable se usa principalmente para dos propósitos, aunque no son los únicos, primero para calentar, conocida como energía solar térmica, y la segunda para generar electricidad, conocida como energía solar fotovoltaica. Las aplicaciones potenciales de la energía solar son: Calentamiento de agua, generación de energía eléctrica, refrigeración, calefacción doméstica, destilación, hornos solares, cocinas, evaporación, acondicionamiento de aire y secado.

6.8.1 Radiación e Irradiación

La temperatura media del Sol oscila entre los 5 000 y los 6 000 grados. A causa de unas reacciones físicas que suceden en el interior, el Sol pierde masa que es transformada en energía. Ésta energía es la que llamamos radiación solar. La Tierra recibe 174 PW de radiación solar entrante desde la capa más alta de la atmósfera. Aproximadamente el 30% es reflejada de vuelta al espacio mientras que el resto es absorbida por las nubes, los océanos y las masas terrestres.

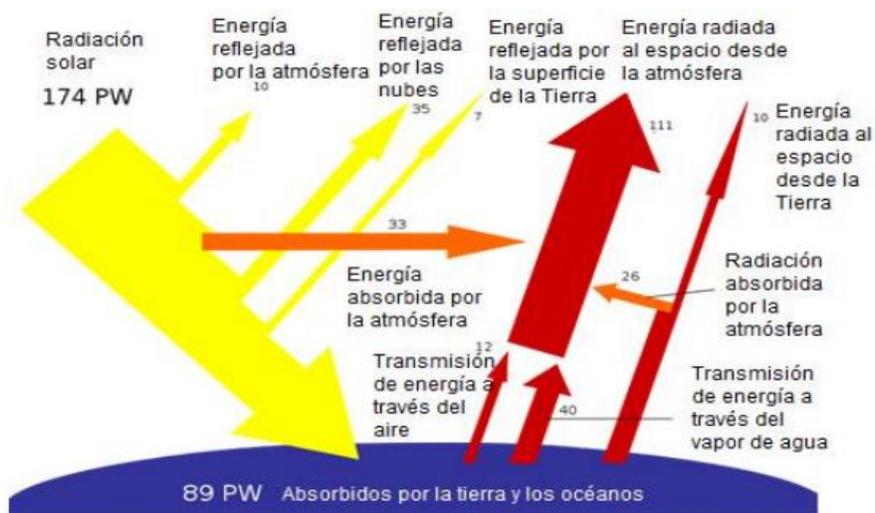


Fig. 7.2 Energía solar reflejada.

Existen diferentes tipos de radiación, la diferencia entre los diferentes tipos de radiaciones está en cómo inciden los rayos solares en la tierra. Tenemos tres tipos:

1. Directa. Es la que recibimos cuando los rayos solares no se difuminan o se desvían a su paso por la atmósfera terrestre.
2. Difusa. Cuando la atmósfera terrestre difumina o desvía los rayos solares, la llamamos radiación difusa. Este desvío de los rayos solares, se produce por el choque directo con ciertas moléculas y partículas contenidas en el aire, en las nubes y el resto de los elementos atmosféricos, por este motivo los rayos solares no tienen una incidencia directa.
3. Albedo. Los rayos solares no solamente pueden ser desviados por causas atmosféricas, también pueden sufrir una reflexión a causa de superficies planas. Por ejemplo, la reflexión que se produce en un terreno nevado y la reflexión que sucede sobre el agua del mar.
4. Radiación global. Es la suma de las radiaciones directa y difusa.
5. Radiación total. Es la suma de todas las radiaciones, directa, difusa y albedo.

También debemos tener en cuenta ciertos factores. En primer lugar, el factor climático es importante, en un día nublado, tendremos una radiación difusa; en cambio, si es soleado, la radiación recibida será directa. El segundo factor, es la inclinación de la superficie que recibe la radiación y el tercer factor, es la presencia o ausencia de superficies reflectantes, las superficies claras son las que más reflejan la radiación solar.

Irradiación: Es la potencia incidente por unidad de superficie, medida en W/m^2 (valor medio en una hora) **Irradiación:** Es la energía incidente por unidad de superficie en un determinado período de tiempo y se mide en J/m^2 . (Aunque la irradiación y la irradianción son magnitudes físicas distintas, coinciden numéricamente cuando la unidad de tiempo es la hora).

Los parámetros que caracterizan la radiación solar se establecen para condiciones de distancia media Sol-Tierra y éstos son: la constante solar y la distribución espectral de la radiación. Se entiende por constante solar a la irradianción sobre una superficie orientada normalmente a la dirección de los rayos solares y situada fuera de la atmósfera terrestre a la distancia de una unidad astronómica ($1 UA = 149.597\ 870 \times 10^9$ m, distancia media Sol-Tierra).

6.8.2 Fundamentos de celdas fotovoltaicas

Las celdas solares están constituidas por materiales semiconductores, principalmente silicio. Son elementos que transforman directamente parte de la energía solar que reciben en energía eléctrica. Los electrones de valencia del material semiconductor de la celda, que están ligados débilmente al núcleo de sus átomos, son arrancados por la energía de los fotones de la radiación solar que inciden sobre ella. Este fenómeno se denomina efecto fotovoltaico.

Dentro de las diferentes variantes de utilización de la energía solar, la fotovoltaica es la única que se convierte directamente en electricidad, sin utilizar agua, es versátil, silenciosa, se instala fácilmente, incluso por partes, generando energía renovable inmediatamente. La celda solar es un dispositivo electrónico constituido por una unión p-n que convierte directamente la energía de la radiación solar en energía eléctrica.

Al incidir la luz sobre una celda solar genera un voltaje entre sus terminales y al mismo tiempo una corriente que circula por un circuito externo, produciendo una potencia $P = V I$. Para entender el funcionamiento de una celda solar, es

necesario comprender las propiedades de los elementos químicos y los materiales que la constituyen.

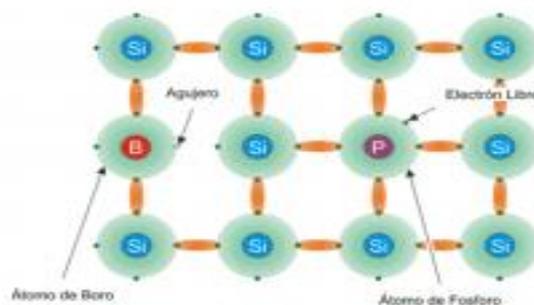
La red cristalina de un sólido tiene una energía térmica determinada, provocando que los electrones oscilen con mayor amplitud, causando que algunos electrones adquieran energía excedente que les permita poder escapar del enlace que los mantienen unidos a los átomos, convirtiéndose en electrones libres que participan en la conducción eléctrica. Dependiendo de la energía propia que se necesita en cada cristal para que un electrón de valencia pueda estar libre del enlace, los sólidos cristalinos, se dividen en conductores, semiconductores y aislantes.

6.8.3 Tipos de celdas solares



Fig. 7.2.1 Celda Mono cristalina

Dopado del Silicio y la Unión P-N33 Un átomo del silicio posee cuatro electrones de valencia, estos electrones enlazan a los átomos adyacentes. Si se substituye un átomo de silicio por otro átomo que tenga tres o cinco electrones de valencia, en el primer, la falta de un electrón dejará un hueco disponible, quedando de esta forma con mayor carga positiva (capa P), mientras que en el segundo caso quedará un electrón libre, lo que genera una mayor cantidad de carga negativa (capa N).



El dopado se puede hacer por difusión a alta temperatura (existen otros métodos para dopar al silicio), donde las láminas se introducen en un horno con el dopante introducido en forma de vapor. Para el dopado tipo P se utilizan generalmente átomos de boro, el cual posee tres electrones de valencia, mientras que para el dopado tipo N, se puede utilizar átomos de fósforo, que poseen cinco electrones de valencia.

El proceso de formación de la unión P-N, provoca una difusión de electrones de las zonas con mayores concentraciones, es decir, la capa de tipo N de la unión, hacia la capa P con menores concentraciones de electrones. Esta difusión de electrones a través de la unión P-N, produce una recombinación con los huecos de la cara de tipo P, generando un campo eléctrico en la juntura hasta que se alcance el equilibrio, luego de esto no existe flujo de cargas a través de la unión.

El campo eléctrico establecido a través de la creación de la unión P-N crea un diodo que permite la circulación de corriente en un solo sentido a través de la juntura. Los electrones pueden pasar del lado N hacia el interior del lado P y los huecos pueden pasar del lado P hacia el lado N. A la zona de difusión de electrones se le llama región de agotamiento o región de espacio de cargas, ya que son escasos los portadores de carga móviles existentes.

Finalmente, a la unión P-N se le insertan los contactos eléctricos en ambas capas de la celda, por medio de evaporación o pintando con metal. La parte posterior de la placa se puede cubrir totalmente con metal, pero el frente de la misma tiene que tener solamente un patrón en forma de rejilla o de líneas finas de metal, a fin de evitar el bloqueo de los rayos solares.

Silicio Poli cristalino: las láminas poli cristalinas son fabricadas a través de un proceso de moldeo, para esto se funde el silicio y luego se vierte sobre moldes. Una vez que el material se ha secado, se corta en delgadas láminas. El proceso de moldeo es menos costoso de producir que el silicio mono cristalino, pero son menos eficientes, debido a que el proceso deja imperfecciones en la superficie de la lámina.

La eficiencia de conversión alcanza valores alrededor del 19,8% en laboratorio y de 14% en paneles comerciales. Las características del silicio cristalizado, hacen que los paneles de silicio poli cristalino posean un grosor considerable. Empleando silicio con otros materiales semiconductores, es posible obtener paneles más finos e incluso flexibles.



Fig. 7.2.3 Panel Solar de Silicio Poli cristalino

Silicio Amorfo: es una tecnología de lámina delgada y se fabrica depositando silicio sobre un substrato de vidrio de un gas reactivo, tal como sileno (SiH_4). Además es posible aplicarlo como película sobre substratos de bajo costo como cristal o plástico. La tecnología de fabricación ha cambiado rápidamente, lo que ha generado un aumento de su eficiencia, llegando a valores entre 5 y 10% para paneles comerciales y de 13% en laboratorios.

Existen tecnologías de lámina delgada que incluyen láminas de silicio cristalino, seleniuro de cobre, telurio de cadmio/sulfuro del cadmio y arseniuro de galio. Este tipo de tecnología ofrece una serie de ventajas como: deposición y un ensamblado más fácil, la capacidad de ser depositadas en substratos o materiales de construcción baratos, los que incluso pueden ser flexibles, producción en masa, y conveniencia para grandes aplicaciones.

Paneles Fotovoltaicos Orgánicos: Se trata de polímeros orgánicos capaces de reaccionar y liberar electrones en presencia de luz solar. La particularidad de estos paneles es que se pueden elaborar por medio de procesos de impresión y de recubrimiento a alta velocidad y escalables, como las pinturas en spray y la impresión de inyección de tinta para cubrir áreas más extensas. Lo que facilita su aplicación sobre superficies metálicas, paredes exteriores de un edificio o techo.

Los expertos aseguran que gracias a los avances de la nanotecnología se están mejorando sus propiedades de eficiencia y grosor. En el caso de las celdas solares sensibilizadas por tinta, corresponden a unas películas coloreadas o transparentes que pueden instalarse en ventanas. Además poseen baja dependencia a la temperatura y al ángulo de luz, con lo que se puede conseguir la máxima potencia energética durante todo el año.



Fig. 7.2.4 Celda fotovoltaica orgánica

Paneles Fotovoltaicos de película delgada: se construyen en base a microestructuras CIGS (Cobre Indio Galio Selenio), o CIS en caso de no incluir al Galio, alojadas sobre un soporte flexible y liviano, aptas para ser instaladas sobre techos, fachadas de edificios, ventanas, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y automóviles.

Los dos tipos de láminas de esta tecnología. Respecto a la energía consumida durante su fabricación, las temperaturas son mucho más bajas, al igual que el impacto ambiental. Según un estudio de Nano solar, empresa especializada en el desarrollo de este tipo de tecnología, indica que un kilo de CIGS integrado en una celda solar produce cinco veces más electricidad que un kilo de uranio enriquecido integrado en una central nuclear.

6.8.4 Paneles solares

Los paneles solares están formados por una gran cantidad de celdas fotovoltaicas conectadas en serie-paralelo para aumentar la tensión y la corriente que pueden entregar, encapsuladas con polímeros resistentes a la radiación ultravioleta y montadas tras una superficie de vidrio especial que brinda protección contra la polución ambiental y contra los cambios bruscos del clima (heladas, lluvias, granizo, etcétera).

En una instalación fotovoltaica existen diodos de protección para solamente permitir el flujo de corriente en una sola dirección. Los diodos de bloqueo impiden que la batería se descargue a través de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar. Evitan también que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos se produce una sombra.

Los diodos de bypass y anti-retorno protegen individualmente a cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales. Deben ser utilizados en disposiciones en las que los módulos están conectados en serie. Generalmente no son necesarios en sistemas que funcionan a 24 V o menos. Mientras que los diodos de bloqueo evitan que un grupo de paneles en serie absorba flujo de corriente de otro grupo conectado a él en paralelo.

6.8.5 Funcionamiento de un panel fotovoltaico

El principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos se basa en el efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, mediante la captación de fotones provenientes de luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel, esta interacción provoca el desprendimiento de electrones de los átomos de silicio, rompiendo y atravesando la barrera de potencial de la capa semiconductor. Esto genera una diferencia de potencial en la capa N con respecto a la P.

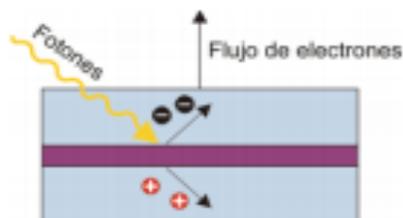


Fig. 7.2.5 Desplazamiento de electrones mediante la captación de fotones.

El nivel de energía proporcionado por un panel fotovoltaico depende de lo siguiente: Tipo de panel y área del mismo, Nivel de radiación e insolación, Longitud de onda de la luz solar. Una celda fotovoltaica común de silicio mono cristalino de 100 cm² de superficie, puede producir aproximadamente 1.5 Watt de energía, a 0.5 volt (CC) y 3 amperes de corriente bajo condiciones óptimas (luz solar en pleno verano a una radiación de 1000W/m²).

El nivel de potencia de salida por panel es denominado potencia pico, la cual corresponde a la potencia máxima entregable por el conjunto de celdas bajo las siguientes condiciones estándares de prueba. Radiación de 1000 W/m², Temperatura de celda de 25° C (no corresponde a la temperatura ambiente) y Masa de aire (AM=1,5).

Bajo estas condiciones es posible medir los siguientes parámetros. Corriente de corto circuito: corresponde a la máxima corriente en amperes generada por cada panel, al conectar una carga de resistencia cero en sus terminales de salida. Su valor depende de la superficie del panel y de la radiación solar. Voltaje de circuito abierto: corresponde al voltaje máximo que genera un panel solar y medido en los terminales de salida cuando no existe carga conectada, es decir, a circuito abierto.

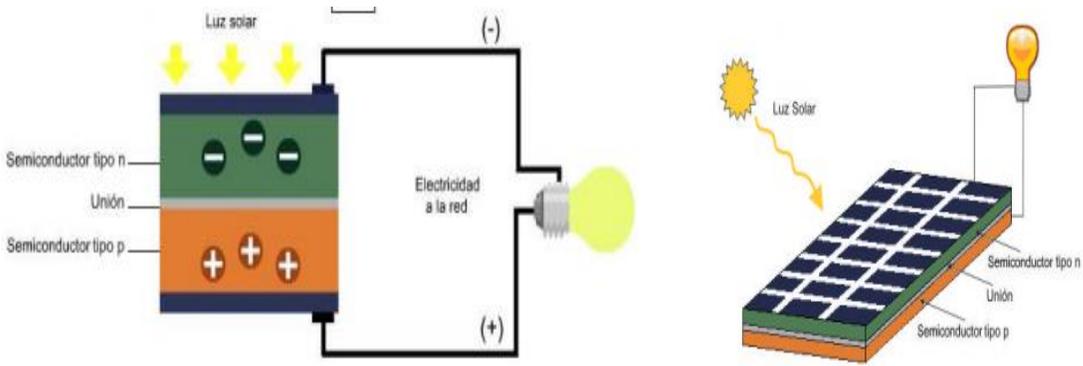


Fig. 7.2.6 Esquema de funcionamiento de un Panel solar

El comportamiento eléctrico de los paneles está dado por las curvas de corriente v/s voltaje (curva IV) o potencia v/s voltaje (curva PV). La curva de potencia está dada por el producto entre la corriente y el voltaje en cada punto de la curva IV. Las curvas IV y PV características de un panel típico Solare VLX-53, disponible comercialmente. Bajo las condiciones estándares de prueba mencionadas anteriormente, cada modelo de panel tiene una curva IV o PV característica.

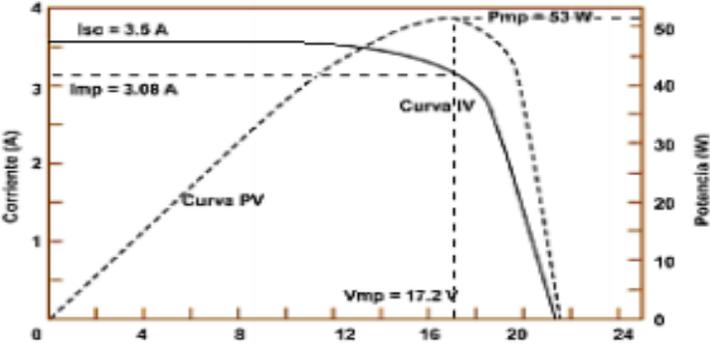


Fig. 7.2.7 Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1000 W/m^2 y $25 \text{ }^\circ\text{C}$

La corriente nominal (I_{mp}) y el voltaje nominal (V_{mp}) del panel se alcanzan en el punto de máxima potencia. Mientras el panel opere fuera del punto de máxima potencia, la potencia de salida será significativamente más baja. La Tabla muestra los datos entregados por el fabricante de paneles Solares VLX-53 según el modelo de placas.

Modelo	VLX-53
P_{mp}	53 W
V_{mp}	17,2 V
I_{mp}	3,08 A
Voc	21,5 V
Isc	3,5 A
Condiciones	1000 W/m ² , 25°C

Fig. 7.2.8 Placa de datos entregada por fabricante de un panel Solares VLX-53.

Una característica importante a tener en cuenta de los paneles fotovoltaicos es que el voltaje de salida no depende de su tamaño, ya que frente a cambios en los niveles de radiación incidente tiende a mantener una tensión constante de salida. En cambio la corriente, es casi directamente proporcional a la radiación solar y al tamaño del panel.

Una forma práctica de aumentar la potencia de salida del panel, consiste en instalar sistemas de seguimiento del sol, con el propósito de mantener lo más perpendicular posible el panel frente al sol, o concentrando la luz solar mediante lentes o espejos. El empleo de concentradores debe estar dentro de ciertos límites, ya que un aumento considerable de la temperatura provoca una reducción del voltaje de salida y por ende una reducción de potencia.

6.9 Posicionamiento y orientación de los paneles fotovoltaicos y condiciones óptimas para mejor aprovechamiento de la energía solar

Un panel solar genera electricidad incluso en ausencia de luz solar directa. Por ende, un sistema solar generará energía aun con cielo nublado. Sin embargo, las condiciones óptimas de operación implican: la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el Sol, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar directa. En el hemisferio norte, el panel deberá orientarse hacia el sur y en el hemisferio sur, hacia el norte.

El segundo factor, son las estaciones del año. Si tenemos en cuenta al verano por ejemplo, podremos observar que los rayos del Sol, llegan de manera directa y perpendicular al círculo del ecuador y en esta misma zona, los rayos llegan verticalmente hacia el suelo. En las zonas del norte y del sur los rayos llegan hacia el suelo con un ángulo que depende de la latitud y la estación del año en la que nos encontremos.

Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno. Cada latitud presenta un ángulo de inclinación óptimo. Los paneles deben colocarse en posición horizontal únicamente en zonas cercanas al ecuador.

6.9.1 Mantenimiento de la instalación

Paneles. Requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las celdas y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector. Es conveniente hacer una inspección general 1 o 2 veces al año: asegurarse de que las conexiones entre paneles y al regulador están bien ajustadas y libres de corrosión.

Regulador: La simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas. Las operaciones que se pueden realizar que sirven para conocer el comportamiento de la instalación son las siguientes: observación visual del estado y funcionamiento del regulador; comprobación de las conexiones y cableado del equipo; observación de los valores instantáneos del voltímetro y amperímetro.

Acumulador: Es el elemento de la instalación que requiere una mayor atención; de su uso correcto y buen mantenimiento dependerá en gran medida su duración. Las operaciones usuales que deben realizarse son las siguientes:

a) Comprobación del nivel del electrolito (cada 6 meses aproximadamente). Debe mantenerse dentro del margen comprendido entre las marcas de "Máximo" y "Mínimo". Si no existen estas marcas, el nivel correcto del electrolito es de 20 mm por encima del protector de separadores. Si se observa un nivel inferior en alguno de los elementos, se deben rellenar con agua destilada o desmineralizada. No debe rellenarse nunca con ácido sulfúrico.

b) Terminales de las baterías. Al realizar la operación anterior debe comprobarse también el estado de las terminales de la batería; debe limpiarse de posibles depósitos de sulfato y cubrir con vaselina neutra todas las conexiones.

c) Medida de la densidad del electrolito (si se dispone de un densímetro): con el acumulador totalmente cargado, debe ser de 1.240 ± 0.01 a 20 grados Celsius. Las densidades deben ser similares en todos los vasos. Diferencias importantes en un elemento es señal de posible avería.

Teniendo en cuenta que el panel carece de partes móviles y que las celdas y los contactos van encapsulados en una robusta resina sintética, se consigue una muy buena fiabilidad junto con una larga vida útil, del orden de 30 años o más. Además, si una de las celdas falla no afecta al funcionamiento de las demás y la intensidad y voltaje producidos pueden ser fácilmente ajustados añadiendo o suprimiendo celdas.

6.10 Energía Eólica

Artículo 694 sistemas eléctricos eólicos pequeños 694-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo aplica a sistemas eléctricos eólicos pequeños (turbina) que consisten de uno o más generadores eléctricos de viento, con generadores individuales que tienen una potencia nominal hasta e incluyendo 100 kilowatts. Estos sistemas pueden incluir generadores, alternadores, inversores y controladores [8].

694-2. Definiciones Circuito de salida de la turbina eólica: Conductores del circuito entre los componentes internos de una turbina eólica pequeña (la cual puede incluir un alternador, rectificador integrado, controlador y/o inversor) y otros equipos.

Circuito de salida del inversor: Los conductores entre un inversor y un tablero de alumbrado y control de corriente alterna para sistemas autónomos, o los conductores entre un inversor y equipo de acometida u otra fuente de generación de energía eléctrica, tales como el suministrador del servicio público para una red de generación y distribución eléctrica.

Carga de desvío: Una carga conectada a un controlador de desvío de carga o controlador por desvío de carga, también conocido como vertedero de carga.

Controlador de desvío de carga: Equipo que regula la salida de un generador de viento desviando la potencia del generador a cargas de corriente continua y corriente alterna o a una acometida interconectada con el suministrador.

Controlador de desvío de carga de baterías: Equipo que regula el proceso de carga de una batería u otro dispositivo de almacenamiento de energía, mediante la desviación de potencia desde el almacenamiento de energía hacia cargas de corriente alterna o corriente continua o a una acometida interconectada del suministrador.

Góndola: Envoltente que alberga al alternador y otras partes de una turbina eólica.

Potencia máxima de salida: Promedio máximo, de un minuto, de potencia de salida producida por la operación de una turbina eólica en estado estable normal (la potencia de salida instantánea puede ser más alta).

Potencia nominal: Potencia de salida de la turbina eólica a una velocidad de viento de 11 metros/segundo. Si una turbina produce más potencia a menor velocidad del viento, la potencia nominal es la potencia de salida de la turbina eólica a una velocidad del viento menor que 11 metros/segundo que produce la mayor potencia de salida.

Punto de acoplamiento común. En un sistema interactivo es el punto en el cual se presenta la interfaz de la red de generación y distribución de energía eléctrica y el cliente. Por lo general, es el lado carga del medidor de la red del suministrador.

Red de generación y distribución de energía eléctrica: Sistema de generación, distribución y utilización de energía, tal como el sistema de una red pública y las cargas conectadas, que es externo y no controlado por el sistema eléctrico eólico pequeño.

Regulador de carga de baterías: Equipo que controla la tensión o la corriente continua o ambos, y que es utilizado para la carga de baterías u otro dispositivo de almacenamiento de energía.

Retenida: Un cable que soporta mecánicamente una torre de turbina eólica.

Sistema de turbina eólica: Un sistema pequeño de generación eléctrica con viento.

Torre: Un poste u otra estructura que soporta una turbina eólica.

Turbina eólica: Dispositivo mecánico que convierte energía eólica a energía eléctrica.

Tensión máxima: La máxima tensión que la turbina eólica produce en operación, incluyendo condiciones de circuito abierto.

694-3. Otros Artículos Siempre que los requisitos de otros Artículos de esta NOM y del Artículo 694 difieran, se aplicarán los requisitos del Artículo 694. Cuando el sistema es operado en paralelo con una fuente o fuentes primarias de electricidad, Excepción: Pequeños sistemas eléctricos eólicos, equipamiento o cableado instalado en lugares peligrosos (clasificados).

694-7. Instalación. Los sistemas cubiertos por este Artículo se deben instalar por personas calificadas.

a) Sistemas eléctricos eólicos pequeños. Se permitirán sistemas eléctricos eólicos pequeños para alimentar un edificio u otra estructura, en adición a cualquier servicio de otro sistema de suministro eléctrico.

b) Equipo. Los inversores utilizados en sistemas eléctricos eólicos pequeños se deben identificar y aprobar para la aplicación.

c) Controladores de desvío de carga. Un sistema eléctrico eólico pequeños empleando un controlador de desviación de carga como medio primario de regulación de la velocidad del rotor de una turbina eólica, se debe equipar con un medio para prevenir sobre velocidad en operación, que sea adicional, independiente y confiable. Un servicio de interconexión con el suministrador no se debe considerar que sea una desviación de carga confiable.

d) Dispositivos de protección contra tensiones transitorias. Se debe instalar un dispositivo de protección contra tensiones transitorias entre un sistema eléctrico eólico y cualquier carga alimentada por el sistema eléctrico. El sistema de protección contra tensiones transitorias se debe permitir que sea un SPD tipo 3 en un circuito derivado dedicado pequeño sistema eléctrico eólicos o un SPD tipo 2 ubicado en cualquier parte del lado carga del medio de desconexión de la acometida.

e) Contactos. Se permite un contacto alimentado por un circuito derivado o alimentador de un sistema eléctrico eólico pequeño, para usarse en mantenimiento y adquisición de datos. Los contactos se deben proteger con un dispositivo contra sobre corriente con capacidad nominal que no exceda la corriente nominal del contacto.

694-10. Tensión máxima.

a) Circuitos de salida de la turbina eólica. Para turbinas eólicas conectadas a viviendas de una y dos familias, se permiten circuitos de salida de la turbina que tengan una tensión máxima de hasta 600 volts. Otras instalaciones con una tensión máxima de más de 600 volts deben cumplir con la parte I del Artículo 694.

b) Circuitos de utilización de corriente continua.

c) Circuitos de más de 150 volts a tierra. En viviendas de una y dos familias, las partes vivas en un circuito de más de 150 volts a tierra, no deben ser accesibles a personas no calificadas mientras están energizadas.

694-12. Dimensionamiento de circuitos y corriente. a) Cálculo de la corriente máxima del circuito. La corriente máxima para un circuito se debe calcular de acuerdo con (1) a (3) siguientes:

1) Corrientes de salida del circuito de la turbina. La corriente máxima deberá basarse en la corriente del circuito de la turbina eólica operando a la potencia máxima de salida.

2) Corriente de salida del circuito inversor. La corriente de salida máxima será la corriente continua nominal de salida del inversor.

3) Corriente de entrada del circuito inversor autónomo. La corriente de entrada máxima será la corriente permanente nominal de entrada del inversor autónomo, produciendo la potencia nominal a la tensión de entrada más baja.

b) Capacidad y capacidad de dispositivos de sobre corriente.

1) Corriente constante. Las corrientes de sistemas eléctricos eólicos pequeños se considerarán que son constantes.

2) Tamaño de conductores y dispositivos de sobre corriente. Los conductores del circuito y dispositivos de sobre corriente se deben dimensionar para conducir no menos que el 125 por ciento de la corriente máxima. Excepción: Circuitos que contienen un ensamble, junto con sus dispositivos de sobre corriente, aprobados para operación constante al 100 por ciento de sus valores nominales, se permitirán ser utilizados al 100 por ciento de su valor nominal.

694-15. Protección contra sobre corriente.

a) Circuitos y equipos. Se deben proteger los circuitos de salida de la turbina, los circuitos de salida del inversor, los conductores del circuito de baterías y los equipos. Los circuitos conectados a más de una fuente eléctrica deben tener dispositivos de sobre corriente ubicados de tal manera que brinden protección contra sobre corriente desde todas las fuentes.

b) Transformadores de potencia. La protección contra sobre corriente para un transformador con fuentes en cada lado se debe proporcionar, considerando como el primario, primero un lado del transformador, luego el otro lado del transformador.

c) Corriente continua. Los dispositivos de sobre corriente, ya sea fusibles o interruptores automáticos, utilizados en cualquier parte de un pequeño sistema eléctrico de aerogenerador de corriente continua deben ser aprobados para uso en circuitos de corriente continua y tener tensión, corriente y capacidad interruptora adecuadas.

694-18. Sistemas autónomos. Los sistemas de alambrado de inmuebles deben ser adecuados para cumplir los requisitos de esta NOM para una instalación similar conectada a una acometida. Los medios de desconexión del alambrado en el lado línea de un edificio o estructura deben cumplir con esta NOM, excepto como se modifica en (a) hasta (d) a continuación:

a) Salida del inversor. Se permitirá la salida de corriente alterna del inversor autónomo como una fuente de alimentación de corriente alterna a los medios de desconexión del edificio o estructura a niveles de corriente menores que la carga calculada conectada para ese desconectador. El valor nominal del inversor de salida o el valor nominal de una fuente de energía eólica no debe ser menor que la carga del mayor equipo de utilización conectado al sistema.

b) Dimensionamiento y protección. Los conductores del circuito, entre la salida del inversor y los medios de desconexión del edificio o estructura, se deben dimensionar en base al valor nominal de salida del inversor. Estos conductores se deben proteger. La protección contra sobre corriente se debe ubicar a la salida del inversor.

c) Alimentación monofásica de 120 volts. Se permitirá que la salida del inversor de un pequeño sistema eléctrico eólicos autónomo, suministre 120 volts, a un equipo de acometida de 1 fase, 3 hilos, 120/240 volts, o a tableros de distribución donde no hay salidas de 240 volts y cuando no haya circuitos derivados conductores. En todas las instalaciones, el valor nominal del dispositivo de sobre corriente conectado a la salida del inversor debe ser menor que el valor nominal de la barra del neutro.

6.10.1 La Generación de electricidad mediante el sistema Eólico

La operación de las centrales no requiere de la combustión de sustancias ni genera emisiones de gases tóxicos. Los requerimientos de espacio para la instalación de los equipos eólicos son menores al 5% de la superficie de los predios; es decir, para instalar energía eólica en algún terreno no se requiere de mucho espacio [9].

En el mercado internacional de la generación eléctrica, los sistemas eólicos compiten con las centrales térmicas de hidrocarburos y si tomamos en cuenta el impacto ambiental y el tiempo de construcción, los generadores eólicos resultan una opción tangible para producir energía eléctrica limpia.

Todo esto parece indicar que las condiciones están dadas para continuar con la construcción de proyectos de mayor capacidad; sin embargo, existen otras consideraciones previas que deben ser tomadas en cuenta, por ejemplo, debido a que el viento es un recurso intermitente estas variaciones se ven reflejadas en la generación de electricidad.

Es decir, se genera electricidad sólo en las horas en que hay viento disponible, a diferencia de la que se genera con plantas hidroeléctricas donde se puede almacenar y generar energía en las horas de demanda. La ventaja de los generadores eólicos es que pueden construirse e instalarse individualmente, además de que pueden integrarse fácilmente a la actividad agrícola.

Asimismo, puede combinarse con las celdas fotovoltaicas a fin de generar energía eléctrica durante los períodos que no haya viento pero sí energía solar. La energía eólica empieza a perfilarse como una fuente alterna que ocupará un importante papel en la generación de electricidad, ya que no utiliza combustible y no modifica el uso del suelo; por estas razones, en las centrales Eolo eléctricas pueden continuar sin mayor interferencia las actividades agrícolas y pecuarias.

Existen dos casos que se perfilan como importantes opciones para el futuro. El primero son los proyectos experimentales de aerogeneradores con una velocidad variable que generan corriente alterna teniendo al pie de la torre un rectificador que la transforma a corriente directa y luego un inversor la entrega como corriente alterna.

Por otro lado están los aerogeneradores instalados mar adentro, y el éxito consiste en instalarlos en aguas poco profundas para abaratar su costo y al mismo tiempo aprovechar la distribución que toma la velocidad del aire en la capa límite sobre el mar, incrementando la potencia generada. Aerogeneradores del orden de algunos mega watt, con cimentaciones más baratas y nuevos conocimientos sobre las condiciones eólicas en el mar, están mejorando la economía de la energía eólica marina.

6.10.2 Aerogeneradores

Dado que la gran mayoría de las turbinas eólicas producen electricidad, solemos medir su producción en términos de cantidad de energía eléctrica que son capaces de convertir a partir de la energía cinética del viento. La energía generada se mide en términos de kilowatt-hora (kWh) o de mega watt-hora (MWh). Es decir, el producto de la potencia generada durante un periodo de tiempo.

En los años 1940 y 1950 se registró un colapso en el uso de los aerogeneradores debido al desarrollo de la electrificación rural, y hasta los años 70, comenzaron a resurgir en los ranchos y las granjas debido a la crisis petrolera. Durante los años 80 las manufacturas desarrollaron nuevos diseños con la incorporación de modificaciones propias con las experiencias y lecciones adquiridas.

Parte de los aerogeneradores cambiaron de generadores con corriente directa a alternadores con imanes permanentes. La capacidad de los

aerogeneradores creció desde unos cuantos kW a 15kW, y luego a 30kW. En el año de 1982, alcanzó el tamaño de los 50kW, siendo el equipo de mayor tamaño de entonces.

Con los avances de la tecnología de los materiales para hélices y rotores, así mismo con la moda-expansión de las centrales eólicas, se ha logrado fabricar aerogeneradores de 500 kW y hasta varios MW. Existen sistemas independientes para suministrar energía a granjas y ranchos así como grupos de aerogeneradores interconectados a la red para suministrar a zonas residenciales con cientos de casas.

6.10.3 Clasificación de los aerogeneradores

La clasificación de los aerogeneradores, se puede realizar desde varios puntos de vista, una primera aproximación al problema se puede hacer desde el punto de vista de la potencia eléctrica que pueden generar, según lo cual se clasifican en: Pequeños Aerogeneradores: Hasta 30 kW y a su vez lo podemos dividir en 3 subgrupos dependiendo del tamaño del diámetro del rotor.

Micro Aerogeneradores: Son los más pequeños de todos, tendiendo un diámetro hasta de 1.25 m. Mini Aerogeneradores: Con un diámetro de hasta 3 m. Aerogeneradores tamaño casero: Con un diámetro de hasta 10 m.

Medianos Aerogeneradores: Aquellos que generan de 30 kW hasta 600 kW. Llegan a tener un diámetro de hasta 50 m. Grandes Aerogeneradores: Generan de 1.5 a 3 MW, llegan a tener un diámetro hasta del tamaño de una cancha de fútbol (Poco más de 100 m). Desde el punto de vista del diseño, los aerogeneradores se pueden clasificar según los criterios:

Clasificación por la orientación del eje de giro del rotor. Eje Horizontal también conocidos como HAWT por sus siglas en inglés (Horizontal Axis Turbine). Las ventajas es que se pueden transformar la energía cinética del viento en un 70%, pueden ser construidos a mayores escalas y pueden utilizar al máximo la fuerza de arrastre variando la aerodinámica de la pala.

Las desventajas son: Requieren flujos de viento constante para un buen desempeño, Presentan problemas por las fuerzas giroscópicas en el rotor, para cambiar su orientación con la dirección del viento.

Eje Vertical VAWT, por sus siglas (Vertical Axis Turbine). Las ventajas: Aceptan la dirección del viento en cualquier dirección, por lo que tienen un diseño más simple. Tienen el generador montado a nivel de piso, costos de mantenimiento más bajos, bajos niveles de ruido y pueden funcionar en condiciones climáticas extremas.

Las desventajas son: Vientos lentos y escasos por estar a nivel de suelo, mucho más material por metro cuadrado que las HAWT, bajo TSR (Top Speed Ratio), por lo que es difícil la generación eléctrica a partir de éstos, incapacidad para controlar la potencia entregada por no poder moderar las palas, es difícil automatizar los aerogeneradores del tipo Savonius y Darrieus y difícil colocar un sistema que regule la velocidad cuando hay grandes vientos (Rotor-H).

Existen tres tipos principales de aerogeneradores de eje vertical (VAWT):

1) Darrieus: Dos o tres arcos que giran alrededor del eje. Las fuerzas dominantes son las de sustentación, tienen un par de arranque prácticamente nulo, pero entregan potencias altas. Son los que más rendimiento tienen, junto con los de eje horizontal. Por su forma es comúnmente denominado “eggbeater” (batidora de huevos). El Darrieus más a la izquierda de la foto, tiene un rotor central savonius para un mejor arranque.

2) Savonius: Dos o más semicilindros o canaletas colocadas opuestamente alrededor del eje. Trabaja esencialmente por arrastre, puede arrancar con poco viento pero su rendimiento es relativamente bajo. Tiene una velocidad de giro pequeña. Sencillo y de bajo costo. Los anemómetros, medidores de velocidad del viento situado en muchos tejados, funcionan como las turbinas Savonius.

3) Panemonas: Cuatro o más semicírculos unidos al eje central. Su rendimiento es bajo.

6.10.4 Clasificación por la posición del equipo con respecto al viento

El mecanismo de orientación de un aerogenerador es utilizado para girar el rotor de la turbina en contra del viento. Se dice que la turbina tiene un error de orientación si el rotor no está perpendicular al viento. Un error de orientación implica que una menor proporción de la energía del viento pasará a través del área del rotor. Por tanto, la eficiencia del mecanismo de orientación es fundamental para mantener el rendimiento de la instalación.

a) A barlovento: Las máquinas de corriente arriba tienen el rotor de cara al viento. La principal ventaja de los diseños corriente arriba es que se evita el abrigo del viento tras la torre. Con mucho la mayoría de los aerogeneradores tienen este diseño. Por otro lado, también hay algo de abrigo enfrente de la torre, es decir, el viento empieza a desviarse de la torre antes de alcanzarla, incluso si la torre es redonda y lisa.

Así pues, cada vez que el rotor pasa por la torre, la potencia del aerogenerador cae ligeramente. El principal inconveniente de los diseños corriente arriba es que el rotor necesita ser bastante inflexible y estar situado a una cierta distancia de la torre. Además una máquina corriente arriba necesita un mecanismo de orientación para mantener el rotor de cara al viento.

b) A sotavento: Las máquinas de corriente abajo tienen el rotor situado en la cara a sotavento de la torre. La ventaja teórica que tienen es que pueden ser construidos sin un mecanismo de orientación, si el rotor y la góndola tienen un diseño apropiado, que hace que la góndola siga al viento pasivamente.

Sin embargo, en grandes máquinas esta es una ventaja algo dudosa, pues se necesitan cables para conducir la corriente fuera del generador. Si la máquina ha estado orientándose de forma pasiva en la misma dirección durante un largo periodo de tiempo y no dispone de un mecanismo de orientación, los cables pueden llegar a sufrir una torsión excesiva.

Un aspecto más importante es que el rotor puede hacerse más flexible. Esto supone una ventaja tanto en cuestión de peso como de dinámica de potencia de la máquina, es decir, las palas se curvarán a altas velocidades del viento, con lo que quitarán parte de la carga a la torre. El inconveniente principal es la fluctuación de la potencia eólica, debida al paso del rotor a través del abrigo de la torre.

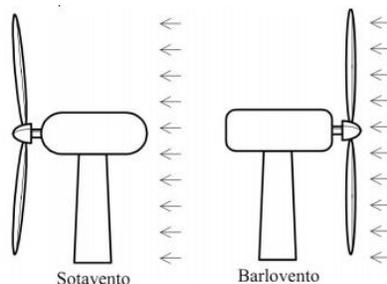


Fig. 8.1 Sotavento y Barlovento.

6.10.5 Clasificación por el número de palas

a) Una pala: Al tener sólo una pala estos aerogeneradores precisan un contrapeso en el otro extremo para equilibrar. La velocidad de giro es muy elevada. Su gran inconveniente es que introducen en el eje unos esfuerzos muy variables, lo que acorta la vida de la instalación.

b) Dos palas: Los diseños 2 pala de aerogeneradores tienen la ventaja de ahorrar el costo de una pala y, por supuesto, su peso. Sin embargo, suelen tener dificultades para penetrar en el mercado, en parte porque necesitan una mayor velocidad de giro para producir la misma energía de salida. Esto supone una desventaja tanto en lo que respecta al ruido como al aspecto visual.

c) Tres palas: La mayoría de los aerogeneradores modernos tienen este diseño, con el rotor mantenido en la posición corriente arriba, usando motores eléctricos en sus mecanismos de orientación. Este diseño tiende a imponerse como estándar al resto de los conceptos evaluados. La gran mayoría de las turbinas vendidas en los mercados mundiales poseen este diseño.

d) Multipala: Con un número superior de palas o multipala. Se trata del llamado modelo americano, debido a que una de sus primeras aplicaciones fue la extracción de agua en pozos de las grandes llanuras de este continente.

6.10.6 Aplicaciones

La energía captada por el rotor de una máquina eólica se transforma inicialmente en energía mecánica disponible en un movimiento rotativo. Este movimiento puede utilizarse para impulsar dispositivos que la transformen en otras formas de energía: mecánica, eléctrica, térmica o potencial. Las aplicaciones más efectivas serán aquellas en las que se llega al uso final de la energía con el menor número de transformaciones.

En términos generales, las aplicaciones de las máquinas eólicas pueden subdividirse en dos grandes grupos según el tipo de energía a obtener: energía mecánica o energía eléctrica. Este último admite, según el servicio a prestar, tres clasificaciones claramente diferenciadas: Instalaciones aisladas o remotas,

sistemas híbridos diésel-eólicos y sistemas interconectados a las redes de distribución de energía eléctrica.

6.10.7 Componentes de un aerogenerador de eje horizontal

La turbina eólica es el elemento captador de energía en un aerogenerador y está constituido por las palas, unidas en el buje, en donde una parte de la energía del viento se transforma en energía de rotación. El fenómeno físico asociado es que la corriente de aire (viento) pasa a través del rotor lamiendo la superficie de las palas, donde las resultantes de presión y de viscosidad del fluido dan lugar a unas fuerzas denominadas fuerzas aerodinámicas.

Componentes de un aerogenerador:

Góndola: Contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. El personal de servicio puede entrar en la góndola desde la torre de la turbina, a la izquierda de la góndola tenemos el rotor del aerogenerador, es decir las palas y el buje.

Palas del rotor: Capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. En un aerogenerador moderno de 600 kW, cada pala mide alrededor de 20 m de longitud y su diseño es muy parecido al ala de un avión.

Buje: El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.
Eje de baja velocidad: Conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno de 600 kW el rotor gira muy lento, a unas 19 a 30 revoluciones por minuto (r.p.m.) El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.

Multiplicador: Tiene a su izquierda el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha gire 50 veces más rápido que el eje de baja velocidad.

Eje de alta velocidad: Gira aproximadamente a 1 500 r.p.m. lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

Generador eléctrico: Suele ser un generador asíncrono o de inducción. En los aerogeneradores modernos de tamaño mediano la potencia máxima suele estar entre 500 y 1 500 kW.

Controlador electrónico: Es un dispositivo que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente para el aerogenerador y llama a la computadora del operario encargado de la turbina a través de un enlace mediante modem.

Torre: Soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo. Una turbina moderna de 600 kW, tendrá una torre de 40 a 60 m.

Las torres pueden ser torres tubulares (como la mostrada en la figura 2.5) o bien torres de celosía. Las torres tubulares son más seguras para el personal de mantenimiento de las turbinas ya que pueden usar una escalera interior para acceder a la parte superior de la turbina. La principal ventaja de las torres de celosía es que son más baratas.

Mecanismo de orientación: Está activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta.

Anemómetro y veleta: Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectarlo cuando el viento alcanza aproximadamente 5 m/s. El controlador parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede de 25 m/s, con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores. Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico para girar el aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.

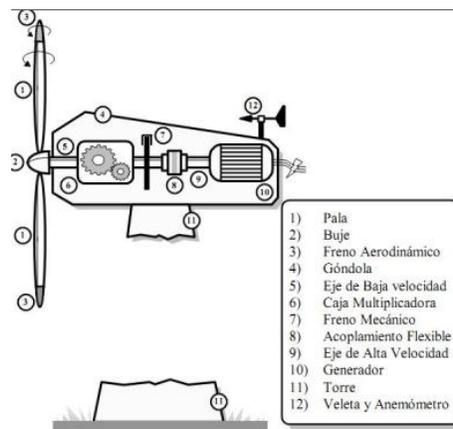


Fig. 8.2 Componentes de una turbina eólica

6.10.8 Principios de funcionamiento

La captación de la energía eólica se realiza mediante la acción del viento sobre las palas, las cuales están unidas al eje a través de un elemento denominado cubo (conjunto que recibe el nombre de rotor). El principio aerodinámico, por el cual este conjunto gira, es similar al que hace que los aviones vuelen.

Según este principio, el aire que es obligado a fluir por las caras superior e inferior de una placa o perfil inclinado genera una diferencia de presiones entre ambas caras, dando origen a una fuerza resultante (R) que actúa sobre el perfil. Descomponiendo esta fuerza en dos direcciones se obtiene:

- a) La fuerza de sustentación (s), o simplemente sustentación, de dirección perpendicular al viento.
- b) La fuerza de arrastre (a), de dirección paralela al viento.

Para favorecer la circulación del aire sobre la superficie de las palas, evitar la formación de torbellinos y maximizar la diferencia de presiones, se eligen perfiles de pala con formas convenientes desde el punto de vista aerodinámico. Según como estén montadas las palas con respecto al viento y al eje de rotación, la fuerza que producirá el par motor será predominantemente la fuerza de arrastre o la de sustentación.

Con excepción de las del tipo Panemonas y los rotores tipo Savonius, en todas las máquinas modernas la fuerza dominante es la de sustentación pues permite obtener, con menor peso y costo, mayores potencias por unidad de área del rotor. Analizaremos únicamente el comportamiento aerodinámico de las turbinas eólicas cuyo par motor está originado por las fuerzas de sustentación.

6.10.9 Características del viento

El viento a pesar de que se puede considerar un evento aleatorio, realmente depende de factores físicos, que eventualmente podrían hacer totalmente determinística esta variable. Depende fundamentalmente de la presión atmosférica, la cual hará que masas de aire que se encuentran a una alta presión fluyan a sectores donde la presión es menor, de esta forma se genera el viento.

Sin embargo, se puede hacer un estudio estadístico de la velocidad del viento, con el fin de poder establecer qué lugares son aptos para colocar generación de energía eólica. Para estudiar el comportamiento del viento existen varios métodos estadísticos que ayudan a establecer variables importantes de decisión tales como: media, varianza, distribución de probabilidad y periodicidad de éste.

Dado que el viento se podría considerar un proceso estocástico, es importante encontrar parámetros que ayuden a tomar decisiones, con base en si es conveniente colocar molinos en el sector donde se hicieron las mediciones o en el caso de que ya estén funcionando, los aerogeneradores ahí, se quisiera poder tener una estimación certera de cómo será el viento en las próximas horas o días, dado que se podría querer vender excedentes de energía en los mercados existentes.

Por otro lado, se ha podido establecer que la velocidad del viento generalmente tiene una distribución de probabilidad. Para la correcta utilización de la energía del viento es imprescindible una adecuada caracterización del recurso eólico, a fin de conocer datos importantes que permitan estimar correctamente las potencialidades del lugar.

Para esto con frecuencia se usa software profesional, MM5 y otros, los que con gran precisión ofrecen toda la información correspondiente al lugar en análisis y sirven de base para la instalación de parques eólicos con unidades de alta potencia. Es una realidad que utilizar estos programas para caracterizar el

recurso eólico de un sitio con el objetivo de instalar pequeños aerogeneradores es injustificado.

Esto se produce porque la mayoría de estos programas son elevadamente costosos y necesitan permisos para su uso total, como llaves físicas o códigos de acceso. El costo de estos programas y el profundo conocimiento del tema que éstos demandan para su empleo, atentan directamente con su utilización eficiente para la evaluación de un sitio en el cual se van a ubicar máquinas, que en algunos casos, su costo es inferior al de estos programas. Son por estas razones que se hace necesario utilizar métodos alternativos para caracterizar el recurso eólico.

6.11 Análisis del viento

El principal interés al instalar un aerogenerador, es saber la energía que el equipo produce con el recurso eólico existente. Es importante conocer el potencial de generación a través de la transformación del viento en un determinado sitio. En un proyecto de Ingeniería de Vientos, el principal inconveniente es conocer la velocidad media del viento en un sitio determinado. Usualmente, el tiempo disponible para evaluar la velocidad del viento está limitado a unos pocos meses, o en su defecto.

En ambos casos, la velocidad del viento así determinada introducirá errores en la evaluación del parámetro donde interviene esta variable. Además, en una predicción probabilística anual de la velocidad del viento atmosférico hecha con registros cortos (dos o tres meses) los valores de la velocidad serán distintos a la velocidad media disponible en el lugar, pues el viento atmosférico es afectado por las estaciones climáticas durante el año.

La energía a generar, se puede calcular a través de la velocidad promedio del viento. Sin embargo, debido al carácter variante del viento a través del tiempo, los períodos de fuertes vientos, contribuyen de manera muy importante a la generación de potencia. Entonces, debemos considerar la variación de la velocidad del viento en el lugar.

Como se indicó en la ecuación de la potencia generada por el viento, ésta es función cúbica de la velocidad del viento. Por tanto, es importante conocer la distribución de la velocidad del viento a través del tiempo, ya que el cubo de las

diferentes velocidades del viento en sus lapsos de tiempo, son mayores al cubo de la velocidad promedio en el mismo periodo.

Los diseñadores de los aerogeneradores necesitan la información de las mediciones del viento para optimar el generador y para minimizar los costos del equipo. Así al medir las velocidades del viento a lo largo de un año, se observará que en la mayor parte de las regiones, los vientos fuertes son raros, mientras que los vientos moderados son bastante comunes. Sin embargo, como se mencionó, para utilizar eficientemente la energía eólica es muy importante describir la variación de las velocidades del viento.

A continuación se resumen los siguientes conceptos relevantes:

- 1) La potencia es afectada por los cambios en la densidad de aire en función de la altura sobre el nivel del mar.
- 2) La potencia es proporcional al área del barrido. Si el área se duplica, la potencia también se duplica.
- 3) La potencia es una función cúbica de la velocidad del viento. Si se duplica la velocidad, la potencia incrementa en 8 veces.
- 4) Como la velocidad del viento varía con el tiempo, son más precisas la suma de las potencias generadas para un rango de velocidades de viento que la potencia obtenida del promedio de la velocidad del viento.

6.11.1 Emplazamiento y mantenimiento del aerogenerador

Las condiciones eólicas normalmente, el sólo hecho de observar la naturaleza resulta de excelente ayuda a la hora de encontrar un emplazamiento apropiado para el aerogenerador. Los árboles y matorrales de la zona serán una buena pista para saber cuál es la dirección de viento dominante. Si nos movemos a lo largo de un litoral accidentado, observaremos que siglos de erosión han trabajado en una dirección en particular.

Los datos meteorológicos, obtenidos en forma de rosa de los vientos durante un plazo de 30 años, sean probablemente su mejor guía, aunque rara vez estos datos son recogidos directamente en su emplazamiento, por lo que hay que ser muy prudente al utilizarlos. Si ya existen aerogeneradores en esa área,

sus resultados de producción son una excelente guía de las condiciones de viento locales.

Buscar una perspectiva de lo que hemos aprendido en las páginas anteriores, nos gustaría tener una vista lo más amplia posible en la dirección de viento dominante, así como los mínimos obstáculos y una rugosidad lo más baja posible en dicha dirección. Si puede encontrar una colina redondeada para situar las turbinas, es posible incluso que consiga además un efecto acelerador.

Riesgos en el uso de datos los meteorólogos ya recogen datos de viento para sus previsiones meteorológicas y para aviación, y esa información es a menudo utilizada para la evaluación de las condiciones de viento generales para energía eólica en un área determinada. Sin embargo, aunque para las previsiones meteorológicas no es tan importante realizar medidas precisas de la velocidad del viento, y por tanto de la energía del viento, sí que lo es para la elaboración de planes eólicos.

Las velocidades del viento son fuertemente influenciadas por la rugosidad de la superficie del área circundante, por los obstáculos cercanos (como árboles, faros u otras construcciones) y por los alrededores del terreno local. A menos de que se hagan cálculos que compensen las condiciones locales en las que las medidas fueron hechas, es difícil estimar las condiciones eólicas en un emplazamiento cercano.

Los costos de operación y de mantenimiento en aerogeneradores, los modernos aerogeneradores están diseñados para trabajar alrededor de 120 000 horas de operación a lo largo de su tiempo de vida de diseño de 20 años. Esto supone mucho más que un motor de automóvil, que dura generalmente alrededor de 4 000 a 6 000 horas.

Estudios llevados a cabo en 500 aerogeneradores instalados en Dinamarca desde 1975 muestran que las nuevas generaciones de turbinas tienen relativamente menos costos de reparación y mantenimiento que las generaciones más viejas (los estudios comparan turbinas que tienen la misma edad pero que pertenecen a distintas generaciones).

Los aerogeneradores daneses más antiguos (25-150 kW) tienen costos de reparación y mantenimiento de una media de alrededor del 3 por ciento de inversión inicial de la turbina. Las turbinas más nuevas son en promedio

sustancialmente más grandes, lo que tendería a disminuir los costos de mantenimiento por kW de potencia instalada (no se necesita revisar una gran turbina moderna más a menudo que otra pequeña). Para las máquinas más nuevas los rangos estimados son del 1.5 al 2 por ciento al año de la inversión inicial de la turbina.

La mayoría de costos de mantenimiento son una cantidad anual fija para el mantenimiento regular de las turbinas, aunque algunos prefieren utilizar en sus cálculos una cantidad fija por kWh producido, normalmente alrededor de 0.01 dólares americanos/kWh. El razonamiento sobre el que se apoya este método es que el desgaste y la rotura en la turbina generalmente aumentan con el aumento de la producción.

7. Sistemas híbridos

7.1 Instalaciones aisladas de la red eléctrica

Una instalación aislada es la solución ideal cuando el suministro de energía eléctrica a través de la red pública es demasiado costoso, técnicamente difícil o incluso imposible. En este caso, las instalaciones fotovoltaicas y eólicas no sólo son la alternativa más limpia, sino también la más económica, ya que utilizamos la energía del Sol y del aire directamente o almacenándola en una batería [9].

Como los paneles sólo producen energía en las horas de Sol y los aerogeneradores cuando hay presencia de viento, a pesar de que la energía se necesita durante las 24 horas del día, es necesario un sistema de acumulación. Durante las horas de luz solar y/o viento hay que producir más energía de la que se consume, para acumularla y posteriormente poder utilizarla cuando no se esté generando.

La cantidad de energía que se necesita acumular se calcula en función de las condiciones climáticas de la zona y el consumo de electricidad. Invirtiendo en la instalación de un sistema eólico-fotovoltaico es posible disponer de energía eléctrica sin estar conectado a la red eléctrica pública además de contar con fuentes de energía gratuitas y ecológicas. El sistema aislado se compone de los elementos siguientes:

Paneles solares/Aerogeneradores (Sistema Híbrido). Son los encargados de transformar la energía del Sol y del viento en energía eléctrica. La orientación ideal de los paneles es hacia el sur geográfico y con una inclinación equivalente a la latitud del lugar donde se vaya a realizar la instalación. La instalación del aerogenerador será en el lugar indicado por el técnico después de comprobar la orientación y fuerza del viento.

Regulador de carga. Tiene dos funciones: evitar sobrecargas y descargas profundas de la batería a través de los paneles en los periodos sin luz; ya que esto puede provocar daños irreversibles en la misma.

Inversor. Puesto que los paneles como las baterías trabajan siempre en CD, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente continua en alterna. Las principales características vienen determinadas por la tensión de entrada del inversor que se debe adaptar a la del generador.

Baterías. La función prioritaria de las baterías es la de acumular la energía que se produce para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

El cálculo de la instalación viene definido por el consumo eléctrico de los electrodomésticos y otros aparatos que se usen en la vivienda. En una zona donde haya muchos días soleados y/o con mucho viento al año habrá que acumular poca energía. Si los periodos de luz y viento no son suficientemente largos hay que acumular más energía. El número de paneles y aerogeneradores a instalar debe calcularse teniendo en cuenta:

1. La demanda energética en los meses más desfavorables.
2. Las condiciones técnicas óptimas de orientación e inclinación, dependiendo del lugar de la instalación.

Para optimar el sistema es necesario calcular correctamente la demanda con el fin de no sobredimensionar la instalación. Conviene utilizar electrodomésticos e iluminación de bajo consumo, para que de esta manera el sistema sea más económico. Actualmente existe una gran variedad de productos de bajo consumo.

Aunque el suministro eléctrico está muy extendido, quedan lugares aislados cuyo abastecimiento no resulta fácil; y en los que el costo de una instalación

fotovoltaica es menor que el de la prolongación de la línea eléctrica u otra alternativa. Estos sistemas se instalan para viviendas aisladas de ocupación permanente, viviendas de fin de semana, refugios de montaña, ermitas, granjas, bodegas, áreas recreativas, colonias de verano, etc.

7.2 Instalaciones híbridas

En muchas ocasiones el dimensionado de la instalación fotovoltaica por sí sola se encuentra por debajo del margen de seguridad que garantiza la cobertura del suministro eléctrico todo el año, ya sea por motivos económicos o bien porque se dispone de otra fuente de generación eléctrica que completará la generada por la instalación.

Incluso aunque el dimensionado sea el correcto se pueden producir puntas de consumo muy por encima del habitual, o simplemente, tener periodos anormalmente largos de tiempo nublado y que por diferentes necesidades se deba garantizar en cualquier situación. Por tanto, en estos casos se recomienda disponer de algún sistema de generación auxiliar que permita hacer frente con seguridad ante las circunstancias mencionadas, garantizando así un estado de carga aceptable en los acumuladores y una prolongación de su vida útil.

Estos sistemas son una combinación entre un sistema fotovoltaico y otra fuente de suministro de energía eléctrica complementaria que no se trate de la red eléctrica, como son los generadores diésel o eólicos, las pequeñas plantas hidroeléctricas y en general, o cualquier otro tipo de fuente energética que proporcione energía eléctrica.

Uno de los sistemas de generación está formado por un módulo de paneles fotovoltaicos que mediante su regulador de carga está conectado a los acumuladores; y en paralelo se encuentra conectado un grupo auxiliar electrógeno con motor de gasolina que, mediante un rectificador, se conectan a las baterías para, en casos extremos, poder cargar los acumuladores.

No obstante, el diseño óptimo de sistemas híbridos es muy complicado, debido a la variabilidad de la energía solar y la demanda de carga, así como las características no lineales de algunos componentes. Aunque son muchos los resultados que muestran las ventajas de un sistema híbrido frente a un sistema que sólo utiliza paneles fotovoltaicos o generadores diésel como fuente de energía.

7.2.1 Descripción y funcionamiento de un sistema híbrido

Los sistemas híbridos son normalmente compuestos por fuentes renovables cuyos recursos son prácticamente inagotables y de ser necesario se complementan con grupos de generación con motores a combustión constituyéndose en una opción concreta, compatible a nivel medio ambiental y social. En la figura 8.1 se tiene un ejemplo de una instalación con dos fuentes de generación (mixta), generación fotovoltaica y generación por grupo electrógeno (motor de gasolina o de diésel).

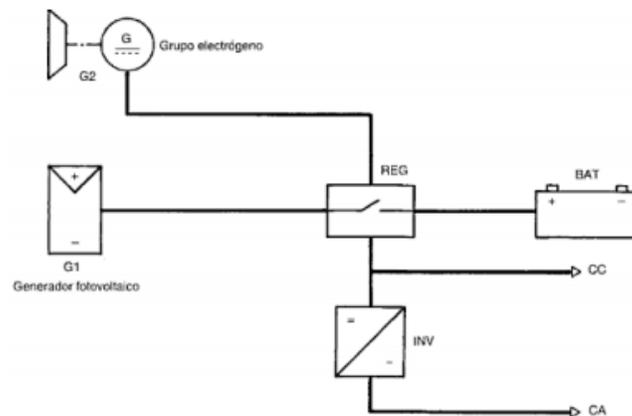


Fig. 8.1 Instalación eléctrica híbrida.

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenamiento proporcionan hasta un 80–90 % de la necesidad energética, dejando al diésel solo la función de emergencia.

7.2.2 Configuración de los sistemas híbridos

Los sistemas híbridos nacen de la unión de dos o más sistemas de generación, uno convencional y uno que utilice fuentes renovables, para garantizar una base de continuidad del servicio eléctrico. La configuración típica de un sistema híbrido es la siguiente:

- Una o más unidades de generación de fuentes renovables: eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica
- Una o más unidades de generación convencional: diésel
- Sistema de almacenaje de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico

- Sistemas de condicionamiento de la potencia: inversor, rectificadores, reguladores de carga
- Sistema de regulación y control

7.3 Ventajas de los sistemas híbridos

La principal ventaja de un sistema híbrido es la posibilidad del aprovechamiento conjunto y optimizado de los recursos locales disponibles, pudiendo garantizar altos niveles de calidad, confiabilidad y rendimiento. Con reducción de costos en la instalación y operación del sistema. Los sistemas híbridos representan actualmente una solución viable para las exigencias de energía eléctrica en áreas aisladas o no electrificadas.

En el pasado, de hecho, se utilizaban solo generadores diésel, que, en la modalidad operativa de baja carga, muestran una eficiencia reducida en el funcionamiento, altos costos de mantenimiento y un breve tiempo de vida de la instalación. Los sistemas híbridos permiten reducir esos problemas y aprovechar los recursos renovables existentes en el territorio, constituyendo una opción viable y favorable tanto ambiental como social.

7.4 Aplicaciones de los sistemas híbridos

Las aplicaciones más importantes de los sistemas híbridos, se pueden resumir en las siguientes:

- a) Sistemas para usuarios o comunidades aisladas. Se trata de sistemas hasta un máximo de 100 kW de potencia
- b) Sistemas híbridos insertados a redes. Se trata de sistemas renovables instalados en redes locales de media tensión, la potencia puede llegar a ser de varias decenas de MW, con el fin de reducir las horas de funcionamiento de los generadores diésel existentes, ahorrando combustible y reduciendo las emisiones contaminantes.
- c) Sistemas combinados completamente renovables. Considerando las características intermitentes de las fuentes utilizadas estos sistemas se pueden utilizar en aplicaciones conectadas a la red. Estos sistemas unen las tecnologías fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica.

d) Sistemas autosuficientes. En algunas situaciones, se pueden instalar sistemas híbridos completamente renovables, que permiten la autosuficiencia de la red eléctrica. Estos sistemas combinan una fuente continua, para cubrir la necesidad energética de base (biomasa y/o energía geotérmica), y una o más fuentes intermitentes, para cubrir los picos de potencia solicitada (hidroeléctrica, eólica, solar).

7.5 Clases de Sistemas Híbridos

La siguiente clasificación se realiza en función del objetivo final de la presente proyecto. En relación con lo indicado anteriormente, se puede clasificar a los sistemas híbridos de la siguiente manera:

- Los sistemas fotovoltaicos con sistemas hidráulicos
- Los sistemas fotovoltaicos con grupos electrógenos de motor a explosión.
- Los sistemas fotovoltaicos con sistemas eólicos.

7.5.1 Sistema fotovoltaico con mini hidráulica

Cuando se plantea la posibilidad de un sistema mixto fotovoltaico e hidráulico es porque el potencial hidráulico por sí solo no es suficiente para cubrir toda la demanda de energía, ya sea porque es pequeño o bien porque es de régimen estacional o fluctuante. En gran número de zonas, la disponibilidad de agua corriente varía según la época del año, soliendo ser abundante durante el período invierno.

Por ello, la energía hidráulica se complementa perfectamente con la fotovoltaica, que tiene su máxima disponibilidad en verano. Para poder utilizar la energía hidráulica no hay que estar situado necesariamente al lado de un río. A veces basta con un pequeño torrente, riachuelo incluso una fuente. Un caudal pequeño puede ser suficiente, siempre que se disponga de un desnivel adecuado.

7.5.2 Sistema fotovoltaico con un grupo electrógeno de pequeña potencia

Este sistema no solo utiliza fuentes renovables, sino también es el único que puede generar electricidad en cualquier momento, en cualquier lugar donde se

necesite y con una gama de potencias muy amplia. Siendo la potencia mínima, la suma de las potencias de los aparatos que son su carga.

Es el sistema idóneo para funcionar como sistema auxiliar para momentos de déficit de una instalación diseñada únicamente con un sistema fotovoltaico, o bien para cubrir determinados consumos que, por su elevada potencia, se prefiere que no pasen a través del mismo. La potencia del grupo electrógeno dependerá de la función a la que va destinado.

7.5.3 Sistema fotovoltaico con energía eólica

Se contempla esta posibilidad, cuando en el lugar de la instalación hay presencia de viento y luz solar. Estas condiciones no se dan en todas partes, por lo que es necesario conocer con detalle el potencial eólico y solar de un lugar antes de decidirse por esta opción. No se hará referencia a los elementos de esta instalación, ya que se han estudiado independientemente en capítulos anteriores.

Uno de los sistemas de generación está formado por un aerogenerador que, a través de un regulador de carga, se encarga de suministrar la energía producida a las baterías. En paralelo, se encuentra un sistema modular de paneles fotovoltaicos que mediante su regulador de carga se conectan también a la batería. Requiere un controlador más complejo, ya que su fiabilidad total es superior a la de los otros dos sistemas, el regulador de carga a utilizar no será el mismo al de una instalación fotovoltaica o eólica únicamente.

7.5.4 Sistema fotovoltaico con energía eólica y grupo electrógeno

Este tipo de sistema sigue los lineamientos del sistema anterior con el incremento también en paralelo de un grupo de generación de emergencia electrógeno con motor de gasolina, mediante un rectificador/cargador, se conecta a las baterías para, en casos extremos, poder cargar los acumuladores. Las tres formas de generación: los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador y el grupo electrógeno;

7.6 Inversores

Los convertidores de corriente directa CD a corriente alterna CA se conocen como inversores. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada en

corriente directa CD a un voltaje simétrico de salida en corriente alterna CA con magnitud y frecuencia deseadas.

Tanto el voltaje de entrada como la frecuencia de salida pueden ser fijos o variables. Si se modifica el voltaje de entrada de CD y la ganancia del inversor se mantiene constante, es posible obtener un voltaje variable de salida. Por otra parte, si el voltaje de entrada en CD es fijo y por lo tanto no es controlable, se puede obtener un voltaje de salida variable si se varía la ganancia del inversor.

Esto por lo general se hace utilizando algún tipo de modulación, como es la modulación por ancho de pulso PWM que permite controlar tanto la ganancia como la frecuencia del inversor. La ganancia del inversor se puede definir como la relación entre el voltaje de salida CA y el voltaje de entrada CD. En los inversores, las formas de onda del voltaje de salida deberán ser sinusoidales. Sin embargo, los inversores reales no son sinusoidales y contienen ciertas armónicas.

Para aplicaciones de baja y mediana potencia, se pueden aceptar los voltajes de onda cuadrada o casi cuadrada; para aplicaciones de alta potencia, son necesarias las formas de onda de baja distorsión. Dada la disponibilidad de los dispositivos semiconductores de potencia de alta velocidad, es posible reducir significativamente el contenido armónico del voltaje de salida mediante diversas técnicas de conmutación.

Cada tipo de inversor puede utilizar dispositivos de conmutación con activación y desactivación controlada como lo son los transistores bipolares BJT, los transistores bipolares de compuerta aislada IGBT, los transistores de efecto de campo de metal-óxido MOSFET, los tiristores, entre otros. El voltaje y la corriente de entrada del inversor pueden ser fijos o variables, y puede ser obtenido del voltaje de línea o de un generador de voltaje de corriente alterna a través de un rectificador y un filtro.

También, puede ser obtenido de una batería, una celda de combustible, o de un arreglo de celdas solares. A un inversor se le llama Inversor de Fuente de Voltaje VSI, si el voltaje de entrada se mantiene constante y la corriente es variable; o Inversor de Fuente de Corriente CSI si la corriente de entrada se mantiene constante y el voltaje variable.

Los inversores permiten transformar la corriente continua de 12 ó 24 V producidos, por ejemplo, en los paneles solares y almacenados en la batería, en corriente alterna a 125 ó 220 V; que es lo que se utiliza generalmente en los puntos de consumo. Todo esto nos permite utilizar aparatos eléctricos, de la misma forma que la red en una casa que tiene energía eléctrica a 125 V.

Para las instalaciones aisladas, los requisitos de estos equipos son menores que en las conectadas a la red. En este último caso, los inversores son unos elementos más sofisticados que deben garantizar que la electricidad solar se vierte a la red en las mismas condiciones que lo hacen las centrales convencionales.

En cuanto a sus principales características de fabricación se tienen:

- Resistir potencias puras punta, como la producida al arrancar un motor, sin que se colapse el inversor. Hay que decir que los de onda cuadrada no aguantan muy bien estas subidas.
- Tener una eficacia razonable, por lo que se tendrá que ver si el aparato va a trabajar a una potencia pequeña o a una fracción de la misma, ya que el rendimiento del convertidor baja mucho. Debe ser del 70% trabajando a una potencia del 21% de la nominal y del 85% cuando trabaje a una potencia superior a la del 40% de la nominal.
- El montaje debe ser estable independientemente de la potencia en cada instante. Se puede admitir una variación del 5% en convertidores sinusoidales y del 10% en convertidores de onda cuadrada. Pero si existen acumuladores, la tensión real de entrada no será mayor del 125% ni menor del 85% de la tensión nominal de entrada del convertidor.
- Baja distorsión armónica, lo que se refiere a la calidad de la onda. Los parásitos de dicha onda tienen que ser eliminados totalmente con ayuda de los filtros electrónicos, aunque se pierda algo de potencia útil. La variación en la frecuencia de salida será del 3% de la nominal.
- Capaz de instalarse en paralelo, para un posible crecimiento en la instalación.
- Tener un arranque automático, para poder conectarse y desconectarse cuando exista una mayor o menor energía eléctrica en la red.

- Ser seguro, por lo que tendría que tener todo lo necesario para evitar cortocircuito, sobrecarga, inversión en la polaridad, etc.
- Aguantar entre -5°C y 40°C , por lo que ha de tener un buen comportamiento térmico.
- Incluir las señales luminosas necesarias para indicarnos un posible cortocircuito.
- Tener toda la documentación que acredite el correcto funcionamiento y las especificaciones del mismo:
 - Tensión de trabajo de entrada y salida.
 - Potencia nominal.
 - Frecuencia nominal y factor de distorsión.
 - Forma de la onda.
 - Rango de temperaturas admisibles.
 - Rendimiento en función de la potencia demandada.
 - Sobrecarga que resiste.
 - Resistencia a cortocircuito.
 - Factor de potencia.

Los inversores son ampliamente usados y algunas de sus aplicaciones pueden ser las siguientes:

- Controladores de motores de corriente alterna.
- Fuentes de poder interrumpibles (UPS).
- Fuentes de corriente alterna.
- Generadores o compensadores estáticos de potencia reactiva.

7.6.1 Clasificación de los Inversores

Inversores de onda cuadrada: La mayoría de los inversores funcionan haciendo pasar la corriente continua a través de un transformador, primero en una dirección y luego en otra. El dispositivo de conmutación que cambia la dirección de la corriente debe actuar con rapidez. A medida que la corriente pasa a través de la cara primaria del transformador, la polaridad cambia 100 veces cada segundo.

Como consecuencia, la corriente que sale del secundario del transformador va alternándose, en una frecuencia de 60 ciclos completos por segundo. La dirección del flujo de corriente a través de la cara primaria del transformador se cambia muy bruscamente, de manera que la forma de onda del secundario es "cuadrada".

Los inversores de onda cuadrada son más baratos, pero normalmente son también los menos eficientes. Producen demasiados armónicos que generan interferencias (ruidos). No son aptos para motores de inducción. Si se desea corriente alterna únicamente para alimentar un televisor, una computadora o un aparato eléctrico pequeño, se puede utilizar este tipo de inversor.

Inversores de onda sinusoidal modificada: Son más sofisticados y caros, utilizan técnicas de modulación de ancho de impulso. El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda sinusoidal. La salida no es todavía una auténtica onda sinusoidal, pero está bastante próxima. Son los que mejor relación calidad/precio ofrecen para la conexión de iluminación, televisión o variadores de frecuencia.

Inversores de onda sinusoidal: Con una electrónica más elaborada se puede conseguir una onda sinusoidal pura. Estos inversores utilizan por lo general señales de control moduladas por ancho de pulso PWM. Hasta hace poco tiempo estos inversores eran grandes y caros, además de ser poco eficientes (a veces sólo un 40% de eficiencia). Últimamente se han desarrollado nuevos inversores sinusoidales con una eficiencia del 80% o más, dependiendo de la potencia.

La incorporación de microprocesadores de última generación permite aumentar las prestaciones de los inversores con servicios de valor agregado como control remoto, conteo de energía consumida, selección de batería, etc. Sin embargo, su costo es mayor que el de los inversores menos sofisticados. Puesto que

sólo los motores de inducción y los más sofisticados aparatos o cargas requieren una forma de onda sinusoidal pura.

7.7 Baterías

La importancia de este componente dentro del sistema FV hace necesario el conocimiento a fondo de las limitaciones intrínsecas del mismo. Sólo así podrá lograrse la correcta instalación y uso del sistema, prolongando su vida útil y grado de fiabilidad. El mecanismo que permite la utilización de una batería como una fuente portátil de energía eléctrica, es una doble conversión de energía, llevada a cabo mediante el uso de un proceso electro-químico.

La primera conversión, de energía eléctrica en energía química, toma lugar durante el proceso de carga. La segunda, de energía química en eléctrica, ocurre cuando la batería es descargada. Para que estas conversiones puedan llevarse a cabo se necesitan dos electrodos metálicos inmersos en un medio que los vincule, llamado electrolito.

Este conjunto forma una celda de acumulación, cuyo voltaje, en una batería de plomo-ácido, excede levemente los 2V, dependiendo de su estado de carga. En el proceso electrolítico cada uno de los electrodos toma una polaridad diferente. La batería tiene entonces un terminal negativo y otro positivo, los que están claramente identificados en la caja de plástico con los símbolos correspondientes (- y +).

La batería comercial, para poder ofrecer un voltaje de salida práctico, posee varias de estas celdas conectadas en serie. En la estructura interna y externa de una batería de Pb-ácido para automotor se observa la conexión serie de las celdas, las que están físicamente separadas por particiones dentro de la caja que las contiene. Cada celda está compuesta de varias placas positivas y negativas, las que tienen separadores intermedios. Todas las placas de igual polaridad, dentro de una celda, están conectadas en paralelo.

El voltaje proporcionado por una batería de acumulación es de CD. Para cargarla se necesita un generador de CD, el que deberá ser conectado con la polaridad correcta: positivo del generador al positivo de batería y negativo del generador al negativo de batería. Para poder forzar una corriente de carga el voltaje deberá ser algo superior al de la batería.

La corriente de carga provoca reacciones químicas en los electrodos, las que continúan mientras el generador sea capaz de mantener esa corriente, o el electrolito sea incapaz de mantener esas reacciones. El proceso es reversible. Si desconectamos el generador y conectamos una carga eléctrica a la batería, circulará una corriente a través de ésta, en dirección opuesta a la de carga, provocando reacciones químicas en los electrodos.

En principio el “ciclo” de carga-descarga puede ser repetido indefinidamente. En la práctica existen limitaciones para el máximo número de ellos, ya que los electrodos pierden parte del material con cada descarga. La diferencia funcional entre diferentes tipos de baterías obedece al uso de diferentes electrolitos y electrodos metálicos.

Dentro de un mismo tipo de batería, la diferencia funcional es el resultado del método de fabricación. Cuando un tipo de energía es convertido en otro la eficiencia del proceso nunca alcanza el 100%, ya que siempre existen pérdidas (calor). La doble conversión energética que toma lugar dentro de una batería obedece esta ley física. Habrá, por lo tanto, pérdidas de energía durante el proceso de carga y el de descarga.

El modelo de batería usado en los automotores está diseñado para sostener corrientes elevadas (200 a 350 A) por muy breves instantes (segundos) durante el arranque del motor. El resto del tiempo la batería está siendo cargada o permanece inactiva. La batería de un sistema solar, por el contrario, debe ser capaz de sostener corrientes moderadas (una decena de amperes), durante horas.

Además, en muchas aplicaciones, deberá permanecer activa sin recibir carga alguna (servicio nocturno). Normalmente, los períodos de reposo son nulos, ya que está siendo cargada o descargada. Diferentes requerimientos de uso sólo pueden satisfacerse con diseños distintos.

Las placas de una batería de Pb-ácido para automotor están hechas con plomo esponjoso. Esta técnica de fabricación hace posible el obtener un máximo de superficie activa con un mínimo de peso. La reducción en la cantidad de plomo contribuye, en forma substancial, a abaratar su costo. El incremento de la superficie activa disminuye la densidad de corriente (A/m²), permitiendo alcanzar niveles muy altos para la corriente de carga, por breves instantes.

Las baterías de automotor llamadas de “mantenimiento nulo” tienen electrodos con aleación de calcio lo que contribuye a minimizar la gasificación durante la carga. Esto hace que se reduzca la pérdida de agua en el electrolito. El agregado de esta aleación disminuye, asimismo, las pérdidas por auto descarga, permitiendo la retención de la carga durante largos períodos de inactividad.

Los electrodos de una batería solar tienen una aleación de antimonio, la que permite adherir una mayor cantidad de material activo. Como se vio en el capítulo anterior, el envejecimiento de una batería se produce por la pérdida de éste cuando la batería es descargada. Celdas con mayor cantidad de material activo tienen una más larga duración y profundidad de descarga.

El incremento del material activo aumenta el costo y el peso de la batería. Una batería solar de 6 V, con volumen muy similar a la de 12 V en un automotor, pesa más de 30 kg. La presencia del antimonio incrementa las pérdidas por auto descarga. Si una batería solar permanece en almacenamiento, debe ser cargada con frecuencia. Como la presencia del antimonio incrementa la gasificación, la corriente de carga en un sistema FV debe tener un régimen variable.

Dos características identifican a una batería solar: la mayor profundidad de descarga (PD) y un alto valor de ciclos. La batería de automotor está diseñada para soportar una leve PD. Para ilustrar este aspecto, asumiremos que en invierno la corriente de arranque alcanza 350 A y dura 3 segundos. Durante el arranque la batería habrá entregado 0.29 Ah ($350 \times 3/3.600$).

Como la capacidad típica de estas baterías es de 80 Ah, los 0.29 Ah representan una PD de sólo 0.36%. Tomaría tres arranques consecutivos para que la PD llegase al 1%. La batería solar permite una PD máxima del 80%, cientos de veces, a niveles de corriente moderados. Es por ello que a estas baterías se las denomina de ciclo profundo (BCP).

Se considera que una BCP ha completado todos los ciclos de carga y descarga cuando, al ser cargada nuevamente, la máxima energía que puede almacenar se reduce al 80% de su valor inicial. El número de ciclos de carga/descarga depende de la PD. Cuando ésta disminuye, el número de ciclos aumenta. Para una dada PD, la batería más robusta proporciona el mayor número de ciclos.

Las versiones con mayor aceptación son las de 6 y 12 V nominales. Las baterías de 6 V, con una capacidad de unos 200 Ah, son utilizadas en sistemas de mediana capacidad de reserva, donde pasan a formar parte de un banco de baterías con conexión serie o serie-paralelo, a fin de satisfacer los valores de voltaje y corriente del sistema. Esta versión ofrece el mejor compromiso entre peso (facilidad de manejo) y número de Ah de reserva.

Como los sistemas fotovoltaicos de bajo consumo son sistemas de 12 V nominales, los requerimientos de reserva pueden ser satisfechos con la versión de 12 V, la que tiene una capacidad de unos 100 Ah. Baterías de más de 250 Ah resultan convenientes cuando se trabaja con sistemas de alto consumo. Se fabrican asimismo baterías de ciclo profundo con capacidad de reserva mucho más grandes.

7.7.1 Tipos de Baterías

Baterías Pb-ácido gelatinoso (VRLA): Existe una batería solar de Pb-ácido donde el electrolito no es líquido sino gelatinoso (Batería de gel). Su costo es alrededor de tres veces mayor que el de la versión con electrolito líquido, pero tiene características técnicas que la hacen muy útiles en aplicaciones especializadas.

La literatura técnica suele identificar a este tipo de baterías con la abreviatura VRLA, que corresponde a la abreviación de cuatro palabras inglesas cuyo significado es: "Pb-ácido regulada por válvula". Como esta batería no requiere ventilación al exterior durante el proceso de carga, la caja exterior es hermética. La válvula constituye un dispositivo de seguridad en caso de cortocircuito o sobrecarga.

Esta hermeticidad evita el derrame del electrolito, lo que disminuye el riesgo en su manejo y la convierte en la solución ideal para instalaciones marinas (boyas o embarcaciones). Como no requieren mantenimiento (agregado de agua), se usan en instalaciones donde la supervisión es infrecuente o nula, como es el caso en sistemas fotovoltaicos de iluminación de carteles de propaganda en carreteras, repetidores de comunicaciones o en sistemas fotovoltaicos portátiles.

El tipo de electrolito usado en esta batería permite su uso a bajas temperaturas con mayor eficiencia que las de electrolito líquido. La auto descarga semanal es de 1.1% a 25°C y aumenta a un 3% cuando la temperatura se eleva a 40 °C.

Pueden obtenerse en versiones de 6 y 12 V, con capacidades entre 6 y 180Ah (20hrs) de duración.

Batería de Ni-Cd: Debido a su alto costo inicial (6 a 8 veces el de una batería equivalente de Pb-ácido), este diseño no ha podido suplantar al tipo Pb-ácido con electrolito líquido. Sin embargo, el costo operativo a largo plazo es mucho menor que el de una batería de igual capacidad del tipo Pb-ácido debido a su larga vida útil y bajo mantenimiento.

Este tipo de batería usa placas de acero inoxidable, las que poseen depresiones donde se coloca el material activo. El electrolito de estas baterías es una solución de agua e hidróxido de potasio, el que requiere una capa de aceite protector, para evitar su oxidación por el oxígeno del ambiente. En términos genéricos, una batería de Ni-Cd que usa este método de fabricación tolera más abuso que su equivalente de Pb-ácido.

Sus características más sobresalientes son: pueden soportar, sin daño, cargas y descargas excesivas, así como una mayor profundidad de descarga (cerca del 100%). Tienen una mayor eficiencia con baja temperatura ambiente y soportan, sin problemas, una alta combinación de temperatura y humedad ambiente. Esta última característica la convierte en la solución ideal para climas tropicales.

Otras ventajas asociadas con este tipo de batería es la ausencia de problemas similares al de la "sulfatación" de las placas o la congelación del electrolito. Una batería de Ni-Cd puede trabajar con bajo estado de carga sin deteriorarse. La auto descarga es inicialmente elevada, pero disminuye con el tiempo, permitiendo largos períodos de almacenamiento con una retención considerable de la carga inicial.

La vida útil es más de dos veces la de una BCP de Pb-ácido. Uno de los fabricantes de baterías solares de Ni-Cd (SAFT-NIFE) las garantiza por 20 años. Dado que ningún componente es perfecto, enumeraremos a continuación alguna de las características de la batería de Ni-Cd que pueden ser consideradas como inconvenientes en un sistema FV.

Una de ellas es su característica de descarga. Como la resistencia interna de esta batería es diez veces menor que la de Pb-ácido, el voltaje de salida permanece prácticamente constante hasta el momento en que su capacidad de

almacenamiento de energía se ve agotada. Es entonces cuando éste cae en forma vertiginosa.

Esta característica no permite al usuario tener un “aviso previo”, como en el caso de las baterías de Pb-ácido, donde la resistencia interna se incrementa con el tiempo, bajando su voltaje de salida en forma continua. Si se quiere medir el voltaje de salida, se requiere el uso de un voltímetro que tenga la suficiente resolución y precisión para que la lectura contenga dos decimales significativos, ya que los cambios, como se ha dicho, son muy pequeños.

El electrolito de una batería de Ni-Cd tiene un rol pasivo. Sólo actúa como transportador de cargas. No existe variación alguna en la densidad del mismo entre carga y descarga, impidiendo el uso de un densímetro. El instrumento más recomendable es un medidor de energía, como el que mide el número de Wh. El voltaje de una celda es cercano a 1.4 V cuando la batería está cargada, y disminuye a 1.1V cuando está descargada.

Para obtener voltajes cercanos a los 12 V (o múltiplos de éste) se necesitan más celdas por batería. Si se usan estas baterías en un sistema FV, el control de carga deberá ser elegido de manera que sea compatible con este tipo de baterías. Un medidor de estado de carga diseñado para baterías de Pb-ácido no puede ser utilizado para monitorizar este tipo de acumulador.

Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH): Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. Este tipo de baterías se encuentran menos afectadas por el llamado efecto memoria. No admiten bien el frío extremo, reduciendo drásticamente la potencia eficaz que puede entregar. Voltaje proporcionado: 1.2 V, densidad de energía: 80 Wh/kg, capacidad usual: 0.5 a 2.8 amperes (en pilas tipo AA).

Baterías de iones de litio (Li-ion): Las baterías de iones de litio (Li-ion) utilizan un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO₄) u óxido de manganeso. Su desarrollo es más reciente y permite llegar a altas densidades de energía. No admiten descargas completas y sufren mucho cuando éstas suceden por lo que suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería y evitar así tanto la carga excesiva como la descarga completa.

Baterías de polímero de litio (LiPo): Son una variación de las baterías de iones de litio (Li-ion). Sus características son muy similares, pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior. Estas baterías tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes. Su tamaño y peso las hace muy útiles para equipos pequeños que requieran potencia y duración, como manos libres o bluetooth.

Pila alcalina: En 1866, Georges Leclanché inventa en Francia la pila Leclanché, precursora de la pila seca (Zinc-Dióxido de Manganeso), sistema que aún domina el mercado mundial de las baterías primarias. Las pilas alcalinas (de “alta potencia” o “larga vida”) son similares a las de Leclanché, pero, en vez de cloruro de amonio, llevan cloruro de sodio o de potasio. Duran más porque el zinc no está expuesto a un ambiente ácido como el que provocan los iones de amonio en la pila convencional.

7.8 Reguladores de carga

Los controladores o reguladores de carga son muy similares a los reguladores de los coches, controlando el voltaje y la corriente de un panel solar o generador eólico, entregados al acumulador o batería. Son el componente esencial para cualquier sistema solar o eólico con sistema de almacenamiento de energía en la batería.

El objetivo principal de un controlador de carga, es proteger al sistema de la batería de una sobrecarga proveniente de los paneles solares o del aerogenerador. El controlador de carga regula la corriente y el voltaje aplicado al sistema de la batería, así mismo, prevé una descarga excesiva de la batería por las cargas (artículos conectados).

Salvo en condiciones ideales los paneles no producen su tensión máxima, de modo que más vale ser diseñados para más tensión a la requerida ya que al trabajar en condiciones no ideales entregarán la mayor parte del tiempo tensiones normalmente menores a la nominal. Si necesita regular mucha potencia, se pueden utilizar varios regulares idénticos trabajando en paralelo. Un esquema simplificado para el sistema híbrido se representa en la figura 8.2.

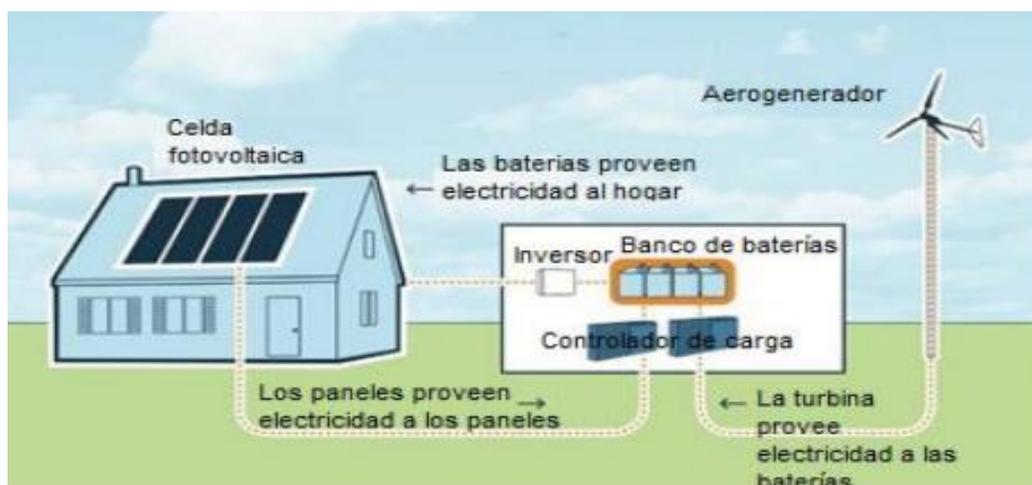


Fig. 8.2 Reguladores de carga.

Los reguladores actuales introducen micro-controladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática y la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso los hay que memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado.

7.8.1 Sistema de regulación.

La regulación de la intensidad de carga de las baterías manejan las fases siguientes: igualación, carga profunda, carga final y flotación.

Igualación: Esta fase del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un período de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo.

Carga profunda: Tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga. Alcanzado dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación. Cuando se alcanza la tensión final de carga.

Carga final y flotación: La carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de lo que

denominamos “Banda de Flotación Dinámica”. La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximos y mínimos se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente.

Una vez alcanzado el valor de voltaje de plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación. Esta corriente se encarga por tanto de mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la auto descarga de las baterías.

7.8.2 Indicadores de estado

Desconexión del consumo por baja tensión de batería: La desconexión de la salida de consumo por baja tensión de batería indica una situación de descarga del acumulador próxima al 70% de su capacidad nominal. Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de tensión de maniobra de desconexión de consumo durante más de un tiempo establecido, se desconecta el consumo. Esto es para evitar que una sobrecarga puntual de corta duración desactive el consumo.

Alarma por baja tensión de batería: La alarma por baja tensión de batería indica una situación de descarga considerable. A partir de este nivel de descarga las condiciones del acumulador comienzan a ser comprometidas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salida frente a intensidades elevadas. Esta alarma está en función del valor de la tensión de desconexión de consumo, siempre se encontrará 0.05 V por encima.

Por ejemplo, hay reguladores donde si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de la alarma durante más de 10 s aproximadamente se desconecta el consumo. El regulador entra entonces en la fase de igualación y el consumo no se restaurará hasta que la batería no alcance media carga. Además, incluye una señal acústica para señalar la batería baja.

Señalizadores habituales: Indicadores de tensión en batería, indicadores de fase de carga e indicadores de sobrecarga/ cortocircuito.

Protecciones típicas: Contra sobrecarga temporizada en consumo, contra sobretensiones en paneles, baterías y consumo contra desconexión de batería.

7.8.3 Parámetros del regulador

-Tensión nominal: la del sistema (12, 24, 48 V)

-Intensidad del regulador: la intensidad nominal de un regulador ha de ser mayor que la recibida en total del sistema.

-Intensidad máxima de carga o de generación: máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.

-Intensidad máxima de consumo: máxima corriente que puede pasar del sistema de regulación y control al consumo.

-Voltaje final de carga: voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico (flotación). Vale aproximadamente 14.1 para una batería de plomo ácido de tensión nominal 12 V.

-Voltaje de desconexión de las cargas de consumo: voltaje de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas de consumo.

-Voltaje final de carga: voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico.

8. Conclusiones y Recomendaciones

En este trabajo de investigación se pretende que en la construcción de las viviendas sustentables de los municipios de Chiapas se implementen criterios ecológicos y buenas practicas con el diseño, los cuales consiste en proteger y conservar el agua, minimizar el consumo de energía y los recursos naturales, utilizar materiales y sistemas de construcción amigables al medio ambiente.

Actualmente dichas prácticas se llevan a cabo de manera importante en las zonas urbanas pero se pretende que en un futuro puedan adaptarse aplicarse en las viviendas sustentables en beneficio a las comunidades y mejorar la calidad de vida de los habitantes, para realizar ese proyecto debemos conocer y tener ideas claras sobre la complejidad de la vivienda sustentable.

El objetivo de este trabajo fue recabar información valiosa para que en el futuro cercano se implementara estas u otras recomendaciones similares en la construcción de las viviendas, mencionar que aunque sean mínimas marcaran las diferencias importantes, generaran un cambio tanto en beneficio de las personas como para el ambiente.

Toda vez que muchos trabajos de investigación se han enfocado a las viviendas urbanas que son la de mayor edificación actualmente, pero en el caso específico de Chiapas un fuerte porcentaje de su población vive en comunidades rurales es la prioridad de este trabajo enfocarse en ellas y a sus habitantes, para que el estado siga conservando lo mejor de sus recursos naturales que lo caracteriza en todo el país.

La energía eólica es una de las fuentes más baratas, puede competir con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón. Sin embargo, en el caso de la Ciudad de México, donde existe poco viento no puede aprovecharse eficientemente. 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 tamaño y siempre que estemos muy próximos a los molinos.

La energía fotovoltaica ha aumentado su eficiencia en gran forma durante las últimas décadas, pero todavía no lo ha hecho lo suficiente para entrar de manera masiva al mercado; para acelerar el proceso de introducción son muchos los científicos y técnicos de todo el mundo que trabajan para desarrollar técnicas de producción de dispositivos fotovoltaicos más accesibles que los que actualmente se comercializan.

La idea de un sistema híbrido eólico fotovoltaico puede ser viable dependiendo de las condiciones climáticas y en algunos casos es posible que sea la mejor opción pero no siempre. Es por eso que debe hacerse un estudio riguroso de las condiciones climatológicas para determinar si es viable el sistema híbrido, es por eso que se estudió diferentes comunidades de Chiapas.

El futuro de la energía solar se relaciona con los acontecimientos que hoy se viven; la producción de dispositivos solares ha crecido en los últimos años. En un futuro próximo la producción de artefactos solares será mayor, así como los precios de los paneles fotovoltaicos serán más económicos; lo que probablemente

resulte en una mejor competitividad en los precios de instalación de sistemas híbridos.

9. Anexos



Fig. 9.1. Aerogenerador conectado a la vivienda.



Fig. 9.2 Módulos fotovoltaicos.



Fig.9.3 Terreno para la construcción de la vivienda.



Fig. 9.4 construcción de la vivienda



Fig. 9.5 Costado de la vivienda sustentable.



Fig. 9.6 Interior de la vivienda, estufa ahorradora de leña.



Fig. 9.6 Interior estufa de aserrín.



Fig. 9.7 Aerogenerador conectado a la vivienda sustentable.



Fig. 9.8 Módulos fotovoltaicos conectados a la vivienda sustentable.

10. Referencias bibliográficas

- [1] Inegi, I. I. (2005). Censo de población y vivienda 2005. Indicadores del censo general de Población y vivienda, Ed. INEGI, México.
- [2] Norma (NMX-AA-164-SCFI-2013) Edificación sustentable. Criterios y requerimientos ambientales mínimo.
- [3] CONAPO. Consejo Nacional de Población 2010 Censo y vivienda. México. D.F.
- [4] Comisión Nacional de Vivienda (2010). Recuperado el 2012, de sitio web de: <http://www.conavi.gob.mx/programas-estrategicos/tu-casa>.
- [5] Alavés, R. R. (2004) Análisis termofísico de materiales vegetales e industriales aplicados, recursos bioclimáticos en el pacífico sur de México. Tesis de maestría Universidad Autónoma Metropolitana.
- [6] Artículo 690 sistemas solares fotovoltaicos.
- [7] Energía solar Fotovoltaica Rafael Martín Lamaison Urioste Depto. de Ingeniería Electrónica Universidad Politécnica de Catalunya.
- [8] Artículo 694 sistemas eléctricos eólicos pequeños.
- [9] Energía Eólica Instituto Argentino de la Energía General Mosconi (IAE) Argentina, 2010 Jaime Moragues y Alfredo Rapallini.