

Fuentes Alternas de Energía

Ing. Ramón Rosas Moya

Objetivo

Al finalizar el curso, los participantes comprenderán las diferentes fuentes alternativas de energía eléctrica que existen y que pueden ser utilizadas para operar los equipos de bombeo y alumbrado en las instalaciones de los organismos operadores de agua potable y saneamiento.

Contenido

1. Introducción a la fuentes alternas de energía
2. Energía Eólica
3. Energía Solar
4. Biogas a partir de lodos residuales
5. Centrales microhidroeléctricas
6. Energía geotérmica
7. Energía maremotriz
8. Eficiencia energética en sistemas de bombeo

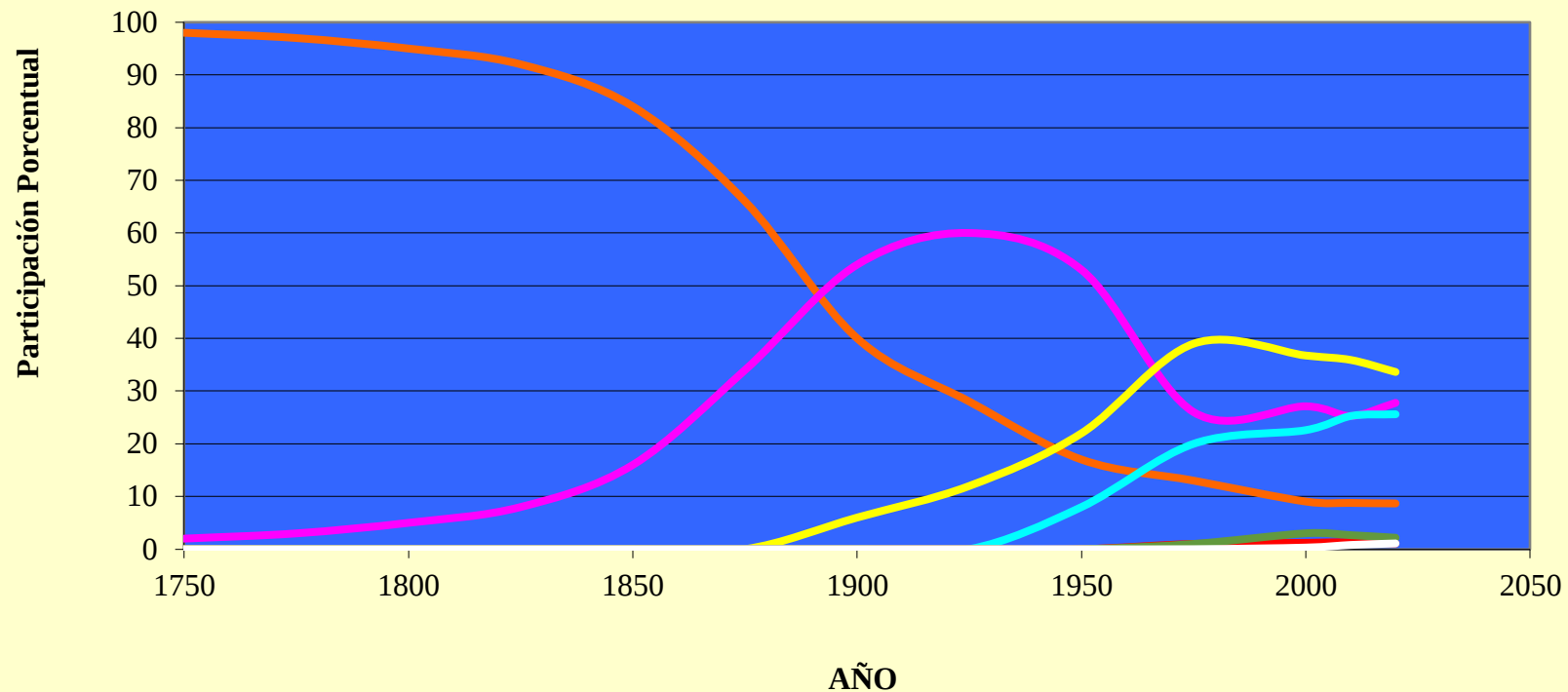
1. Introducción

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



EVOLUCION DEL CONSUMO DE ENERGÉTICOS POR FUENTE A NIVEL MUNDIAL



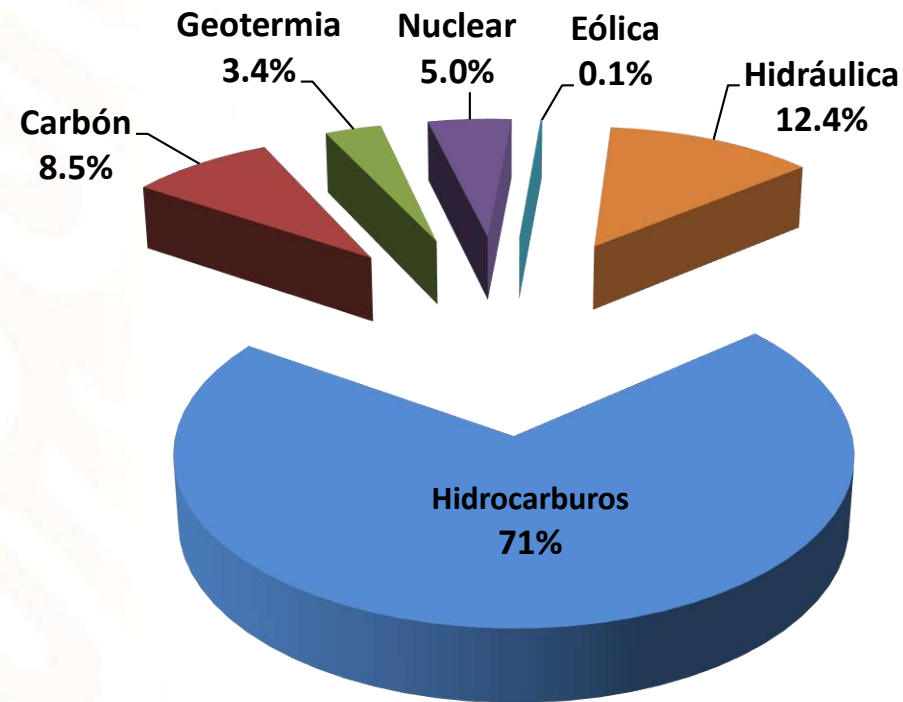
LEÑA CARBON PETROLEO GAS-NAT HIDRO NUCLEAR RENOVBLES

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Generación de Energía Eléctrica por Fuente en México



85% es NO Renovable y apenas el 15% es Renovable

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Si bien la energía es el motor del desarrollo económico y del bienestar de los seres humanos, su fuerza y potencial destructivo, están poniendo en duda la viabilidad futura del planeta

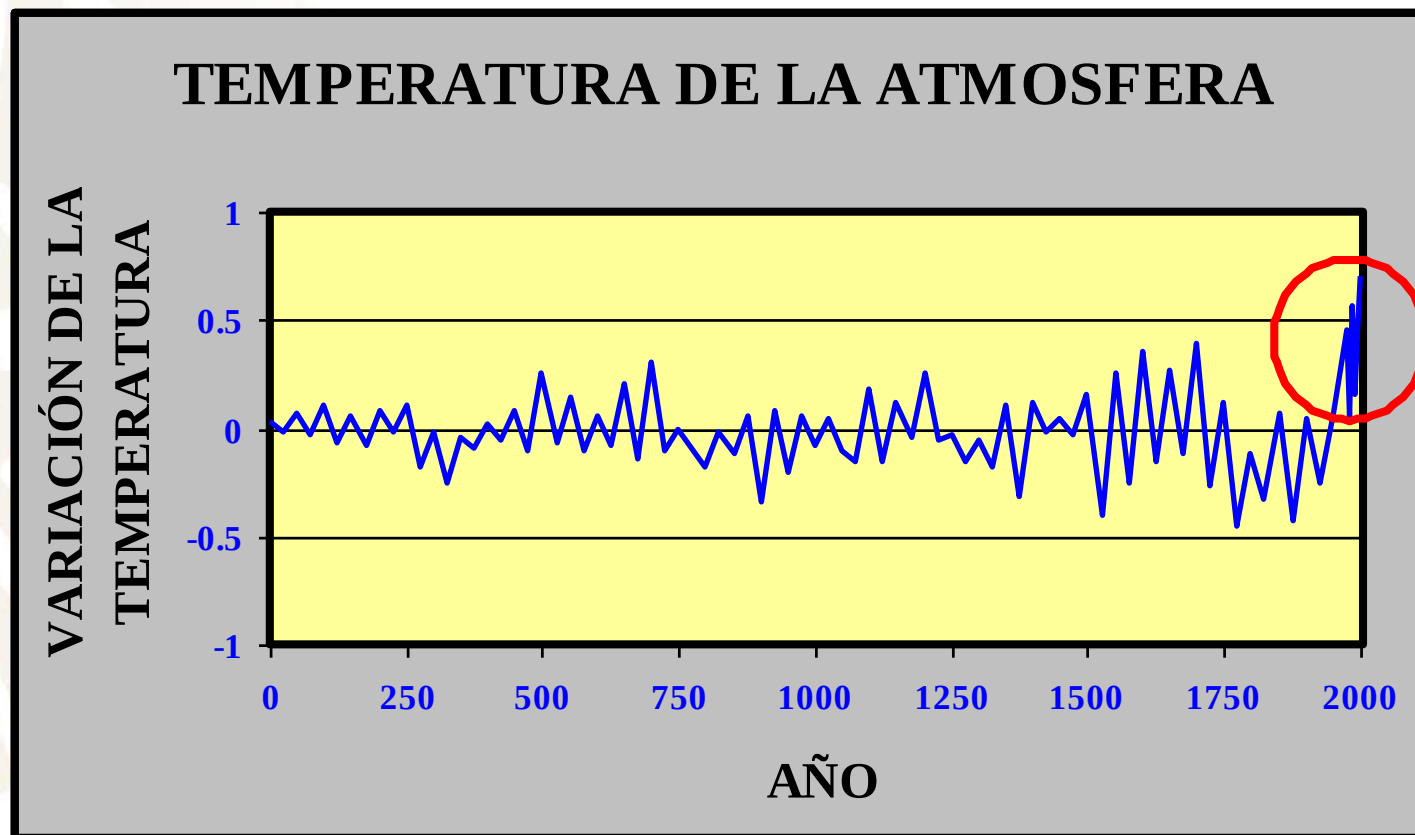


Fuentes Alternas de Energía

Introducción

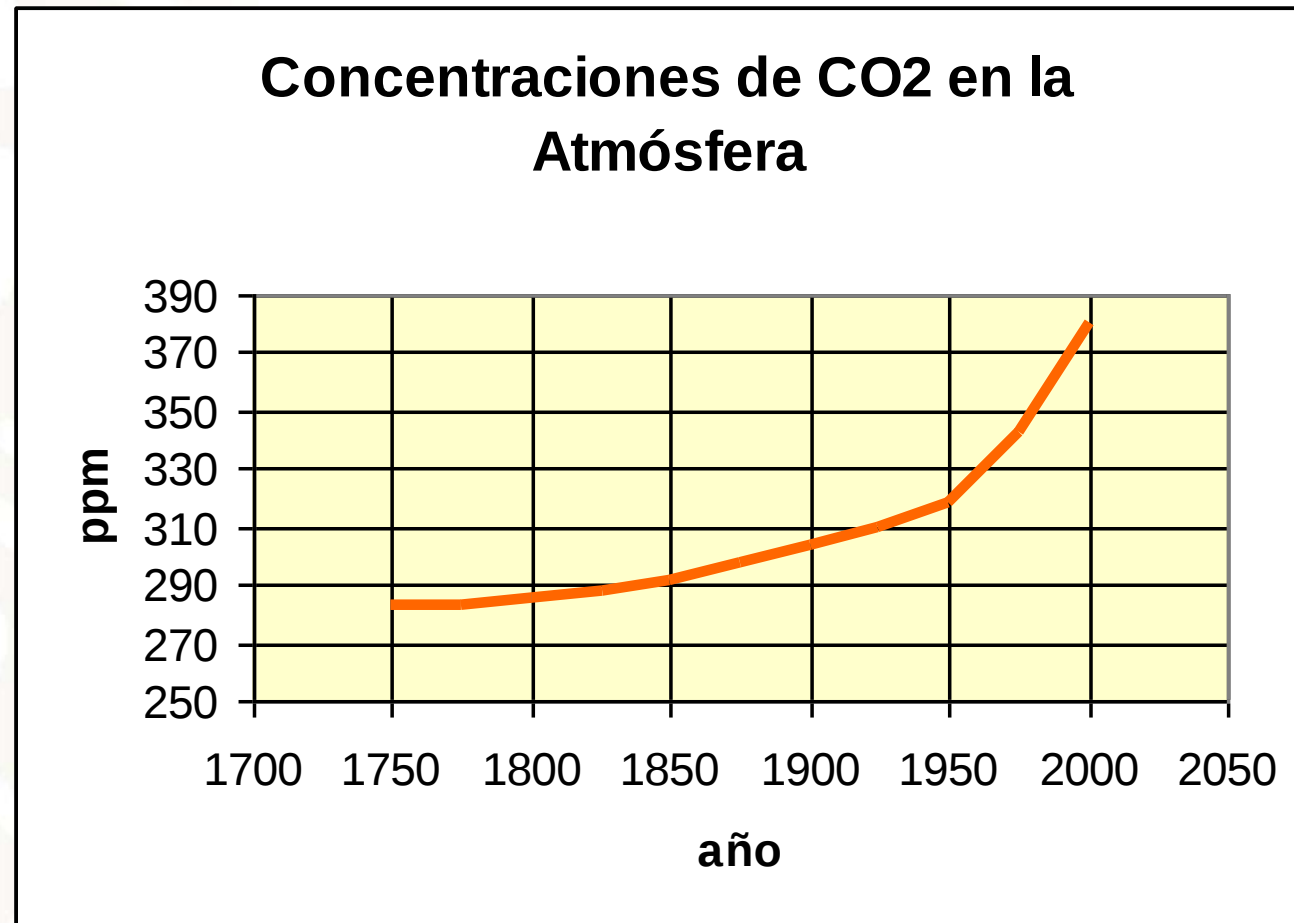


Incremento de la Temperatura del Planeta debido a la Acumulación de Gases de Efecto Invernadero



Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Fuentes Alternas de Energía

Introducción



MÉXICO: Vocación Petrolera

1890-1938



1976-1982



1970-2020



1972-1975



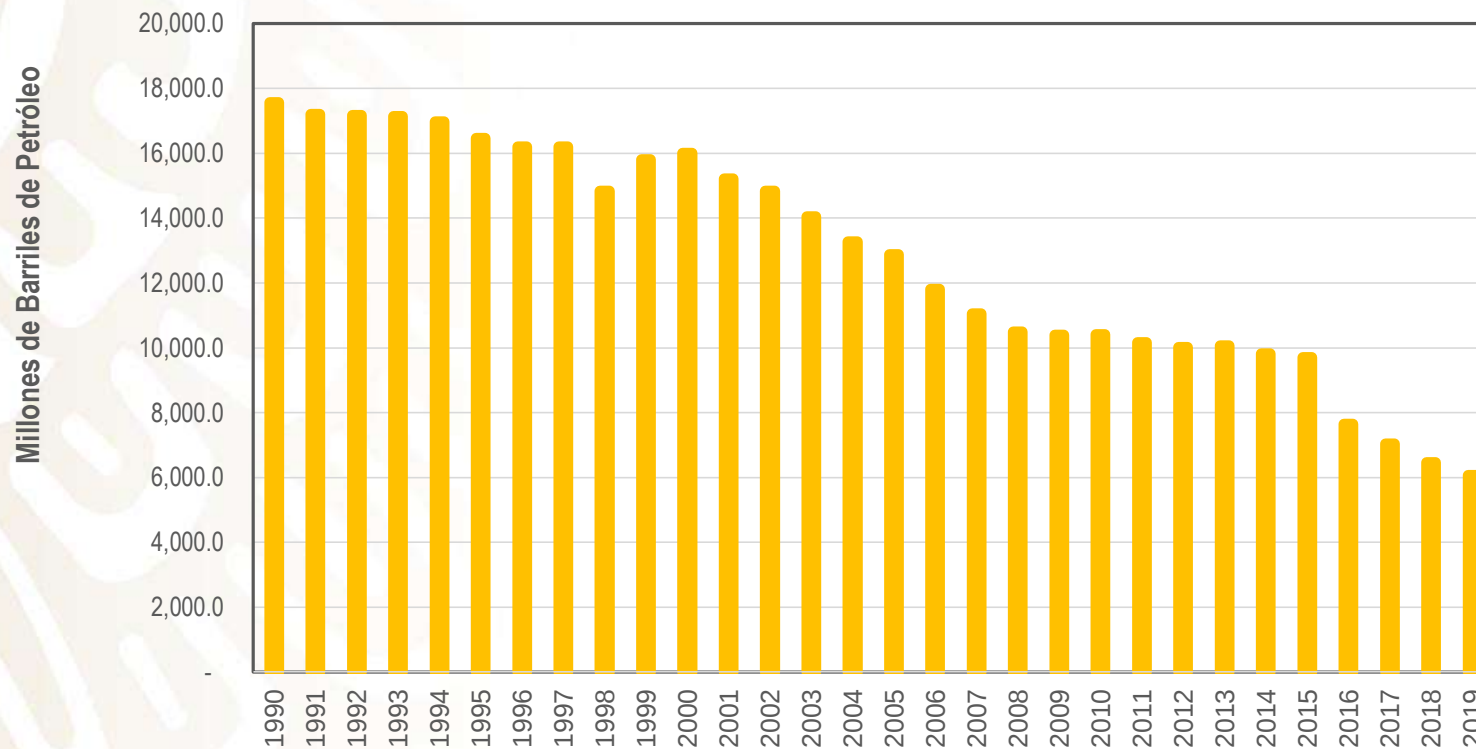
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL PETRÓLEO
En dólares por barril Brent



Fuentes Alternas de Energía Introducción

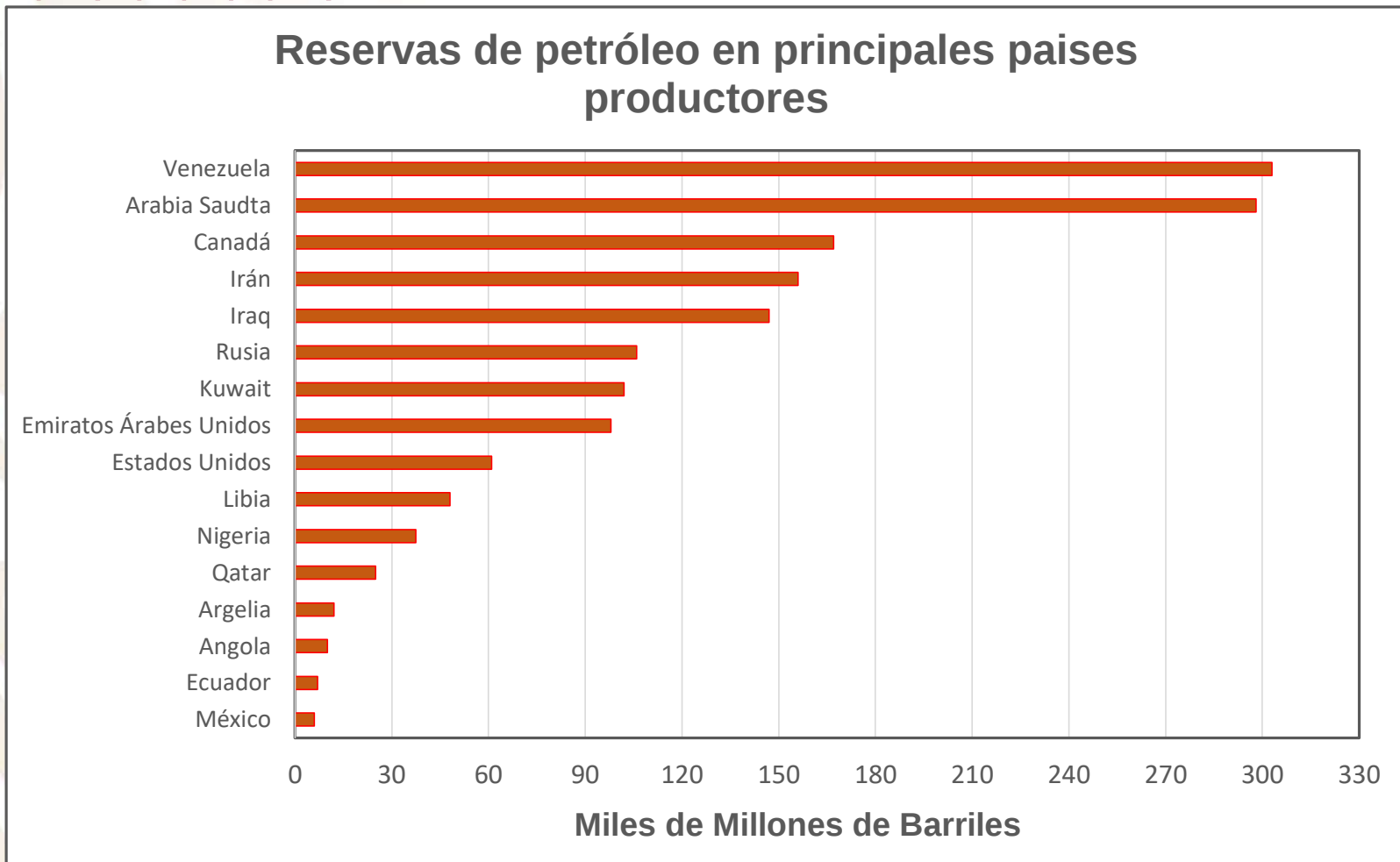


Evolución de las reservas de petróleo en México



Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Fuentes Alternas de Energía Introducción



EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CRUDO
(Miles de barriles diarios)



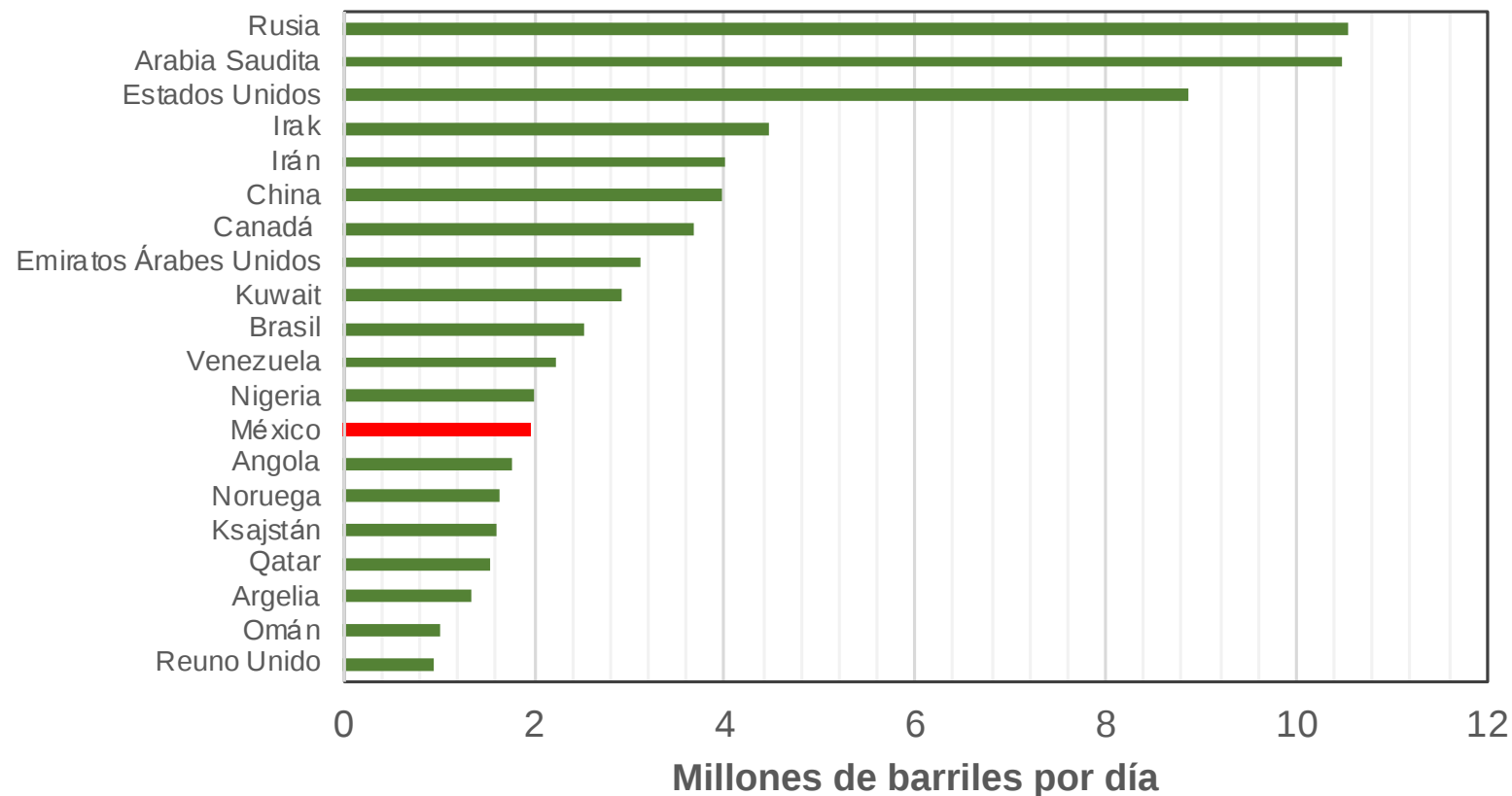
Fuente: Pemex

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Producción de petróleo en 2017



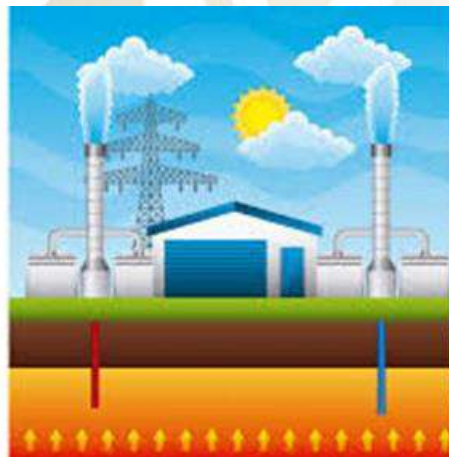
Fuentes Alternas de Energía

Introducción



La Solución

Muchas cosas son las que tendremos que hacer para darle sostenibilidad al sector energético del país. Dentro de ellas, el uso de **ENERGÍAS RENOVABLES** sin duda jugará un papel preponderante.



Fuentes Alternas de Energía

Introducción



DEFINICIÓN:

Genéricamente se denomina **fuentes de energía alternativas**, a aquellas fuentes de energía planteadas como alternativa a las tradicionales o clásicas

No obstante, no existe consenso respecto a qué tecnologías están englobadas en este concepto, y la definición de energía alternativa difiere según los distintos autores.

Fuentes Alternas de Energía

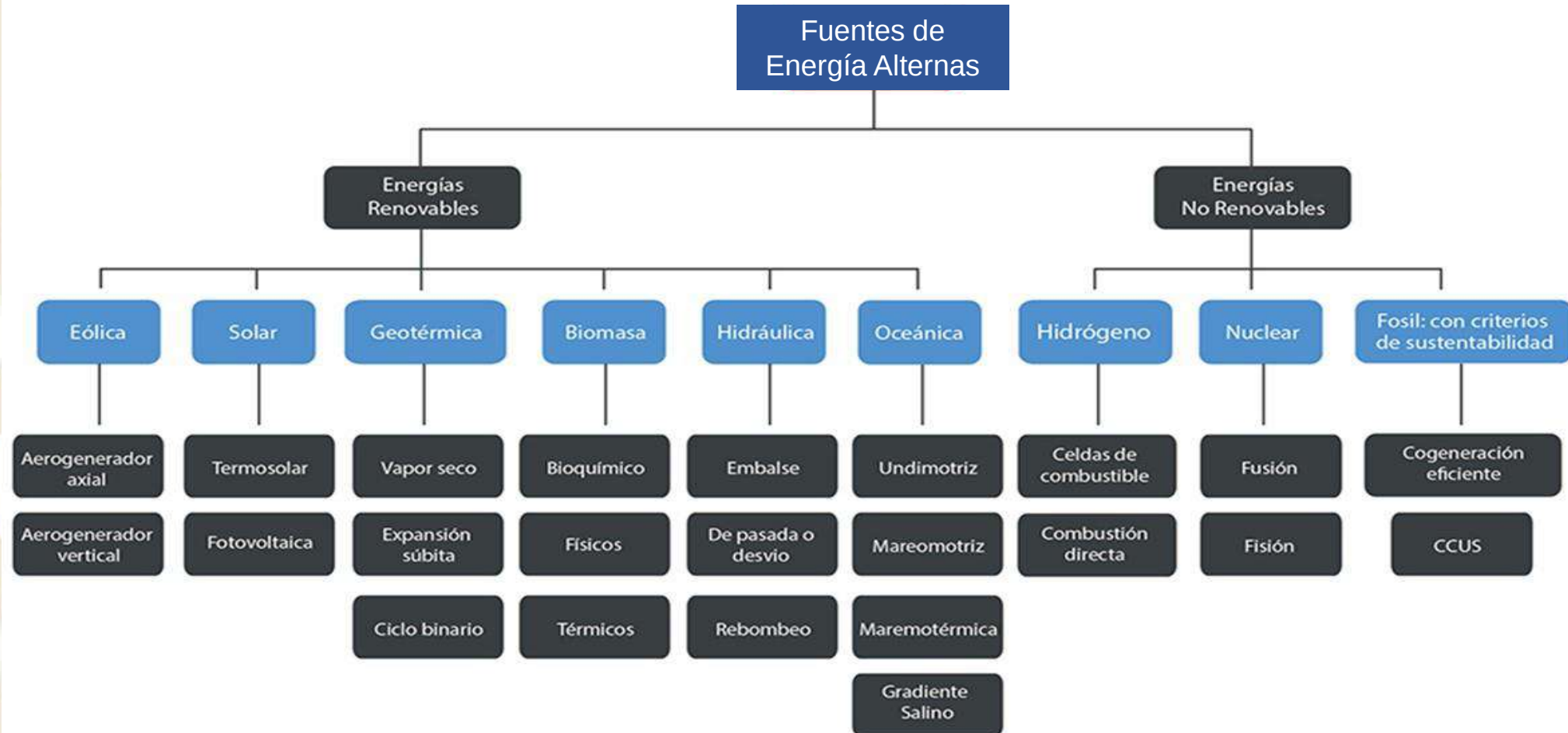
Introducción



DEFINICIÓN:

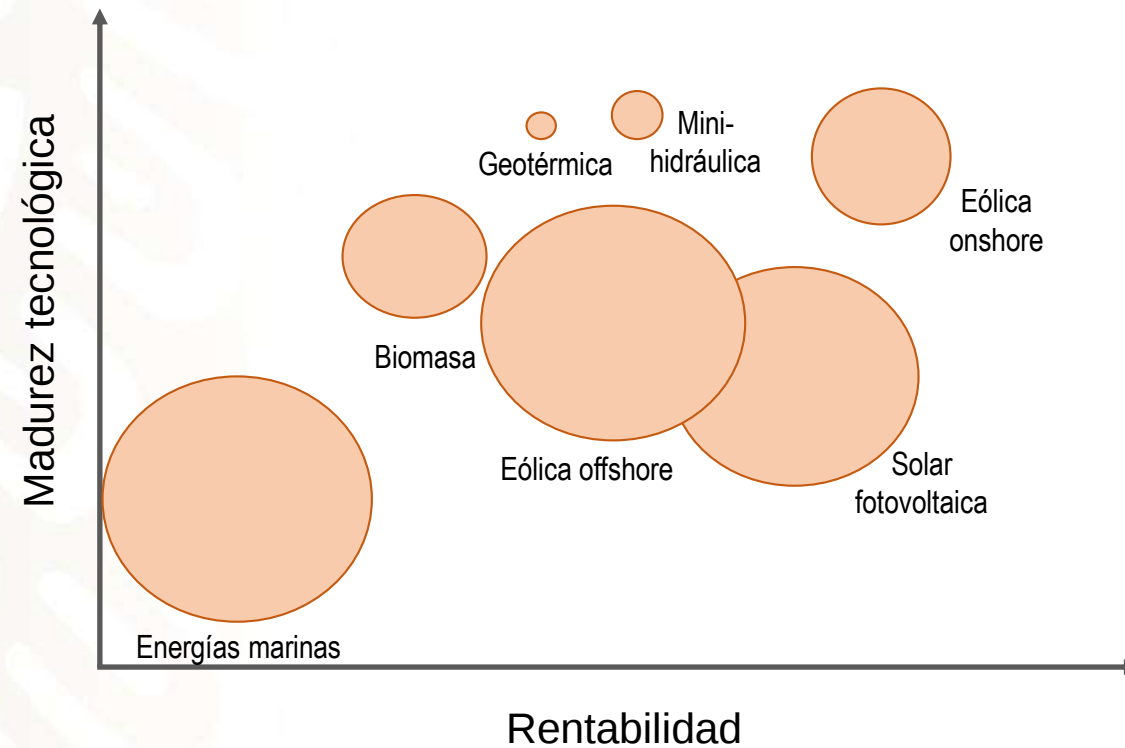
Se denomina **energía renovable** a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Fuentes Alternas de Energía



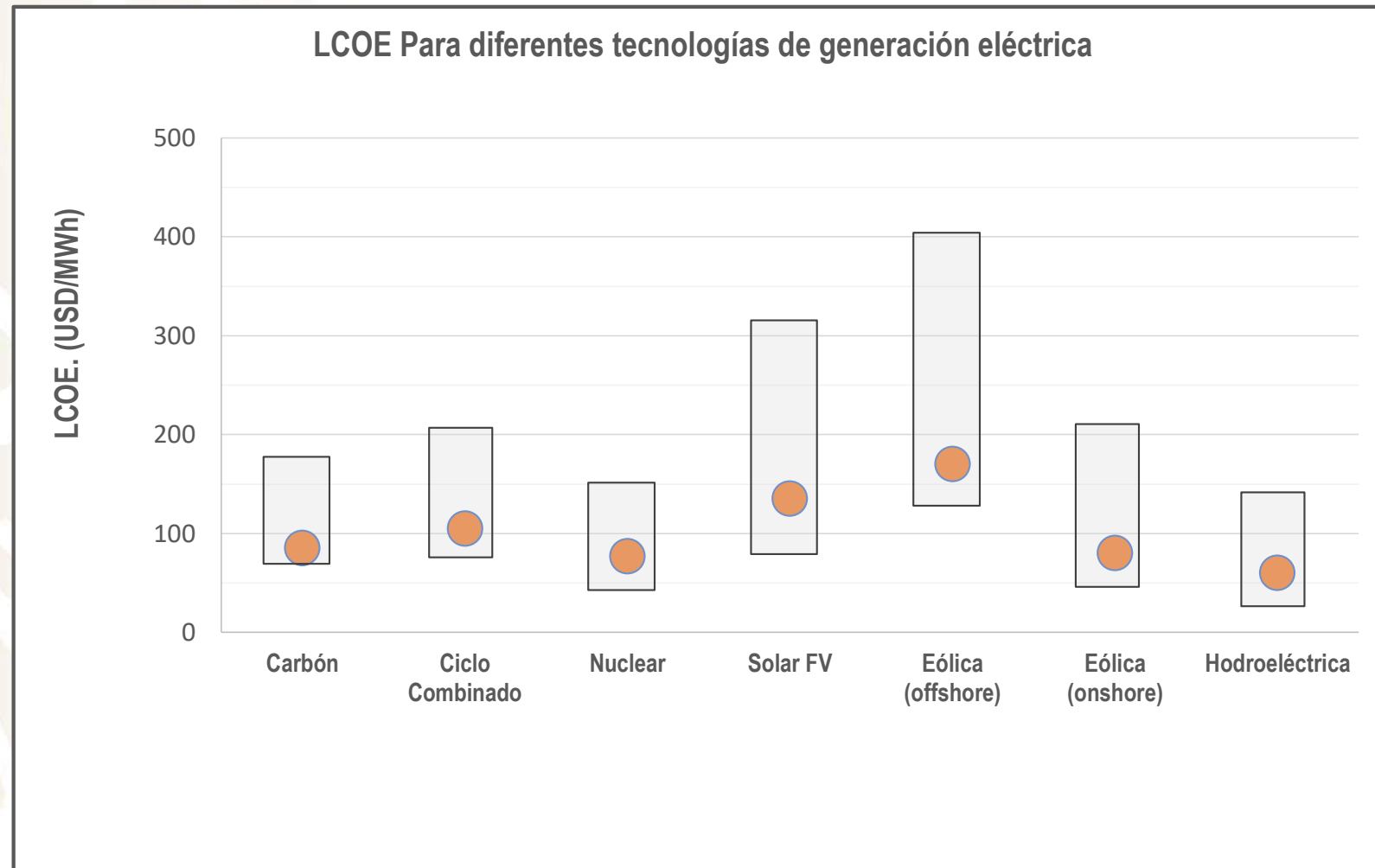
Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Compromisos de México en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

Compromisos Nacionales

Ley General de Cambio Climático

- Reducir GEI 30% en 2020
- Reducir GEI 50% en 2050
- Participación de 35% de energía limpia

Ley para aprovechamiento de energías renovables

- Límite de generación fósil de 65% en 2024
- Límite de generación fósil de 60% en 2035
- Límite de generación fósil de 50% en 2050

Compromisos Internacionales

Convención Marco de ONU sobre Cambio Climático

- Meta No Condicionada: Reducir GEI 22% en 2030
- Meta SI Condicionada: Reducir GEI 36% en 2030

Iniciativa de Energía Sustentable para Todos ONU

- **METAS PARA EL 2030**
- Incrementar la tasa mundial de acceso a la electricidad del 83 al 100%
- Incrementar la participación de energías renovables del 18 al 36%
- Incrementar la tasa global de eficiencia energética

Fuentes Alternas de Energía

Introducción

Incentivos de Fomento a la Producción de Energías con Recursos Renovables establecidos en Acuerdos Internacionales



Mecanismo de Desarrollo Limpio	Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación	Memorándum de Entendimiento	Certificados de Reducción de Emisiones	Fondo Verde para el Clima	Apoyos de Otros Países
MDL	NAMA	MOU	CER	GCF	
Mecanismo contemplado en el protocolo de Kioto, mediante el cual los países desarrollados invierten en acciones de mitigación en países en desarrollo. La empresa que invierte recibe CER.	Acciones voluntarias del país realizadas para reducir emisiones de GEI. Existe un registro internacional con el objeto de buscar apoyo en materia de financiamiento, así como desarrollo de tecnología y capacidades.	Instrumento no vinculante entre partes, para establecer disposiciones operativas. Principales MOU suscritos por México en materia de reducción de eGEI: Gobierno de Japón, Estado de California, Canadá y Dinamarca	El Mercado de Bonos de Carbono está basado en la premisa de que no importa en qué parte del planeta se eviten las emisiones de GEI, el efecto es el mismo.	Es un mecanismo financiero, cuyo objetivo es contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático, al desarrollo y transferencia de tecnología, a la construcción de capacidades y a la preparación de informes nacionales.	México cuenta con el apoyo directo de otros países, tal es el caso de: • USAID • GIZ • Acuerdo trilateral MX, USA y Canadá a fin de promover el uso de energías limpias.

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Marco Jurídico Nacional

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Artículo 4º. Establece que:

- Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.
- El Estado garantizará el respeto a este derecho.
- El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.”

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

Funciones de la Semarnat:

- administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que correspondan a la Federación;
- conducir las políticas nacionales sobre el cambio climático y la protección de la capa de ozono;

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

Funciones de la Sener:

- establecer, conducir y coordinar la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energéticas, el ahorro de energía y la protección del medio ambiente;
- llevar a cabo la planeación de la diversificación de las fuentes de combustibles, la reducción progresiva de impactos ambientales de la producción y consumo de energía, y la mayor participación de las energías renovables en el balance energético nacional.

Fuentes Alternas de Energía Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Faculta a la Federación a fomentar la aplicación de tecnologías, equipos y procesos que reduzcan las emisiones y descargas contaminantes provenientes de cualquier tipo de fuente, así como, para establecer las disposiciones que deberán observarse para el aprovechamiento sustentable de los energéticos.

Fuentes Alternas de Energía Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley General de Cambio Climático

Tiene entre sus objetivos promover, de manera gradual, la sustitución del uso y consumo de los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía, así como la generación de electricidad a través del uso de fuentes renovables de energía; promover: prácticas de eficiencia energética, el desarrollo y uso de fuentes renovables de energía y la transferencia y desarrollo de tecnologías bajas en carbono.

Fuentes Alternas de Energía Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley de Aguas Nacionales

Declara de utilidad pública el aprovechamiento de aguas nacionales para generar energía eléctrica destinada a servicios públicos; establece que, a través de la CNA, se otorgará concesión a personas físicas o morales para uso o aprovechamiento de aguas nacionales con el objeto de generar energía eléctrica, e indica que no se requerirá concesión, para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales en pequeña escala para generación hidroeléctrica.

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley de la Industria Eléctrica

Tiene por finalidad promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura, así como el impulso a las Energías Limpias y, la reducción de emisiones contaminantes.

Así mismo, dispone que la Secretaría de Energía implementará mecanismos que permitan cumplir la política en materia de diversificación de fuentes de energía, seguridad energética y promoción de fuentes de Energías Limpias.

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

Tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y el uso de tecnologías limpias para generar electricidad; promueve la suscripción de convenios y acuerdos de coordinación con los gobiernos Estatales y Municipales, con el objeto de que éstos impulsen acciones de apoyo para el aprovechamiento de las energías renovables, faciliten el acceso a aquellas zonas con un alto potencial de energías renovables. Así mismo, promueve el apoyo del desarrollo social en la comunidad, en la que se ejecuten los proyectos de generación con energías renovables.

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley de Energía Geotérmica.

Tiene por objeto regular el reconocimiento, la exploración y la explotación de recursos geotérmicos para el aprovechamiento de la energía térmica del subsuelo, con el fin de generar energía eléctrica o destinarla a usos diversos, y asegurar que la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, promueva el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de energía geotérmica

Fuentes Alternas de Energía

Introducción



Marco Jurídico Nacional

Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

Tiene por objeto la promoción y desarrollo de los bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable, procurando la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y gases de efecto invernadero.

Fuentes Alternas de Energía

Introducción

Marco Jurídico Nacional



2. Energía Eólica

Fuentes Alternas de Energía Energía Eólica



Descripción:

Es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

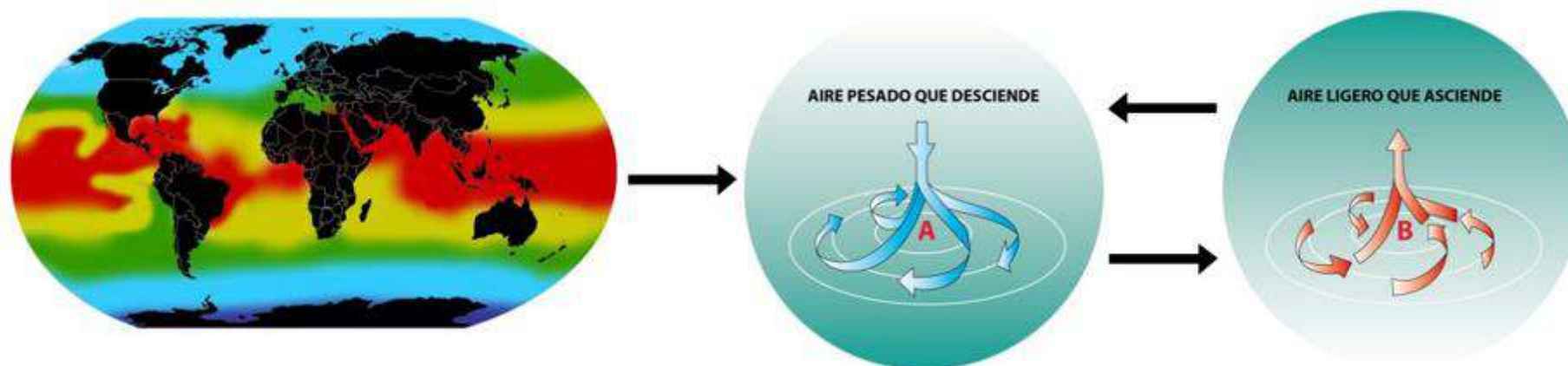
La energía eólica → energía cinética del viento

Producto del movimiento de las corrientes de aire ocasionadas por el calentamiento no uniforme de la Tierra.

El viento se puede definir como una corriente de aire, resultante de las diferencias de presión en la atmósfera, provocadas en la mayoría de los casos por variaciones de temperatura, debidas a las diferencias de la radiación solar en los distintos puntos de la Tierra



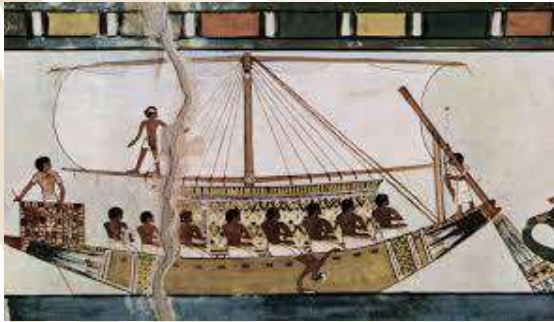
Aproximadamente del 1 al 2% de la energía solar es convertida en energía eólica



El calentamiento no uniforme y la rotación de tierra ocasionan la circulación del aire

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Barcos a vela
Egipto, año 3000 ac



Moliono de viento
Persia, siglo VII

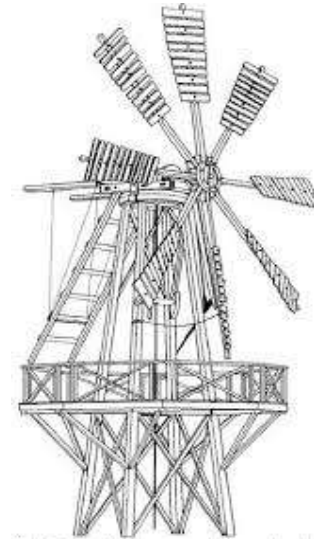


Fig B.12.- Molino canario para bombeo

Bomba Eólica,
Alemania, siglo XVIII



Bomba Eólica,
EEUU, siglo XIX

Fuentes Alternas de Energía

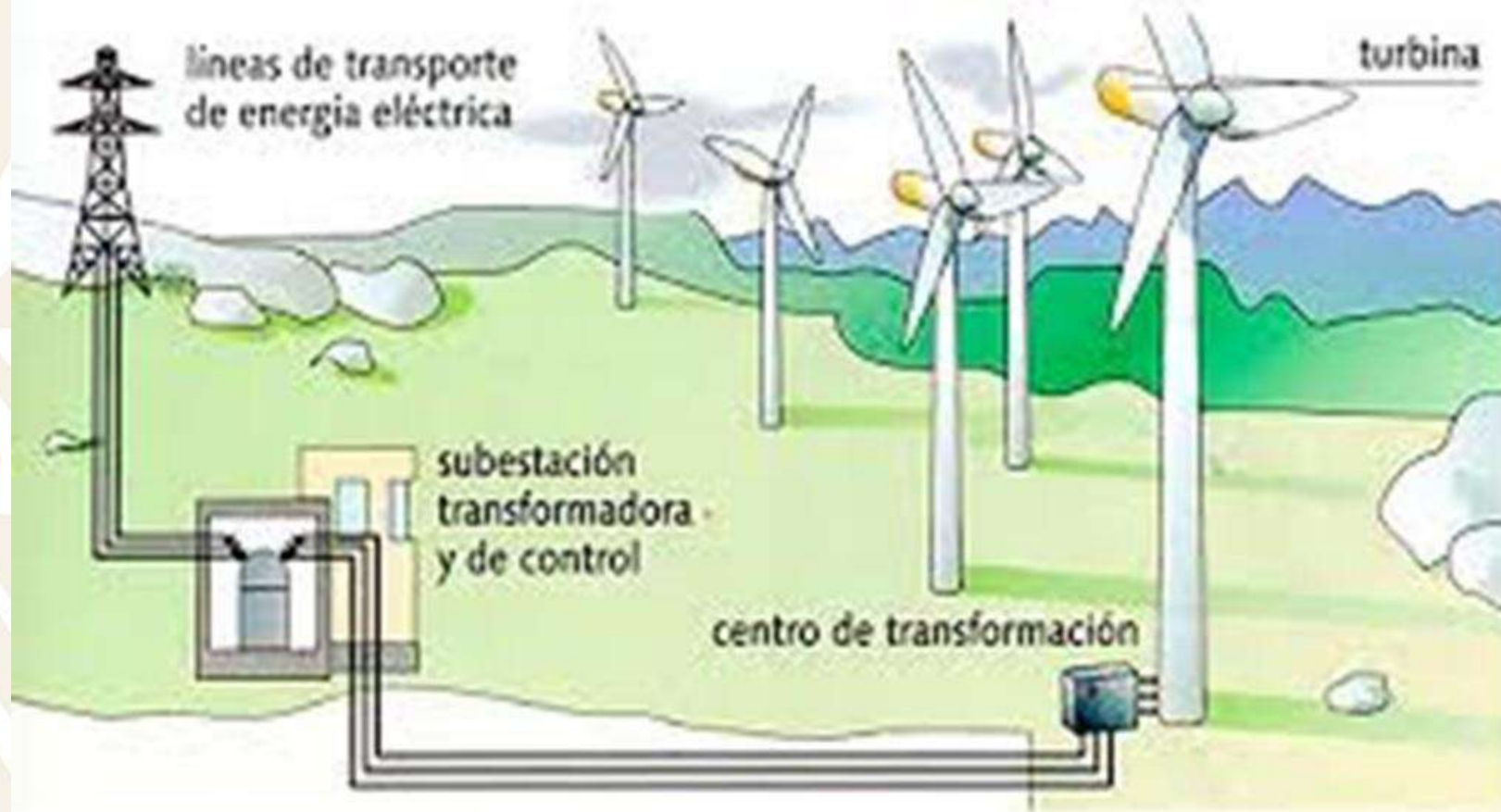
Energía Eólica

Aerogeneradores:



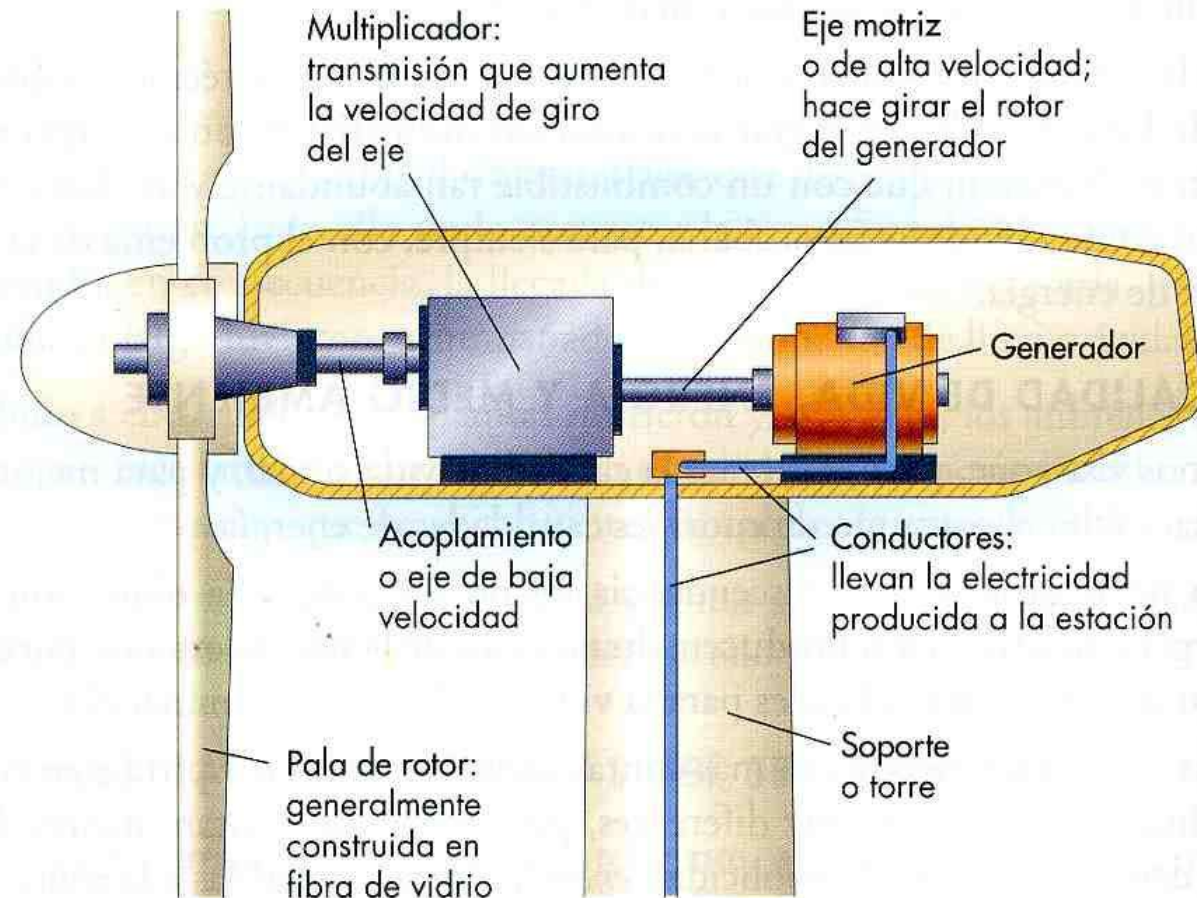
Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Fuentes Alternas de Energía Energía Eólica

Clasificación de los aerogeneradores



Criterio	Clasificación	Subclasificación	
Potencia generada	Micro aerogeneradores	Potencia < 1 kW	
	Mini aerogeneradores	Potencia de 1 a 10 kW	
	Baja potencia	Potencia de 10 a 100 kW	
	Media potencia	Potencia de 100 a 1,000 kW	
	Alta potencia	Potencia de 1,000 a 10,000 kW	
	Muy alta potencia	Potencia mayor a 10,000 kW	
Posición del eje	Eje vertical	Tipo Darrieus	
		Tipo Giromill	
		Tipo Savonious	
	Eje horizontal	Número de palas	Monopala Bipala Tripala
		Orientación del viento	Orientación a barlovento Orientación a sotavento
		Tipo de torre	Celosía Acero tubular Torre de mástil tensado con vientos Hormigón Torre híbrida

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



**Micro-
aerogenerador**



**Mini-
aerogenerador**



**Aerogenerador de baja, media o
alta potencia**

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Aerogeneradores de eje vertical

Savonius: formado por dos semicírculos desplazados horizontalmente a una determinada distancia a través de la cual se desplaza el aire (desarrolla poca potencia). No útiles para generación electricidad. Útiles para aplicaciones mecánicas.



Giromill : conjunto de palas verticales unidas con 2 barras en el eje vertical

Rango de suministro energético: 10 - 20 kW

Las palas verticales cambian su orientación a medida que se produce el giro del rotor → mayor aprovechamiento de la fuerza del viento



Darrieus: Formado por 2 o 3 palas biconvexas unidas al eje vertical por la parte inferior y superior. Aprovecha el viento dentro de una banda ancha de velocidades. Permite mayores velocidades que rotor Savonius pero necesita sistema externo de arranque.

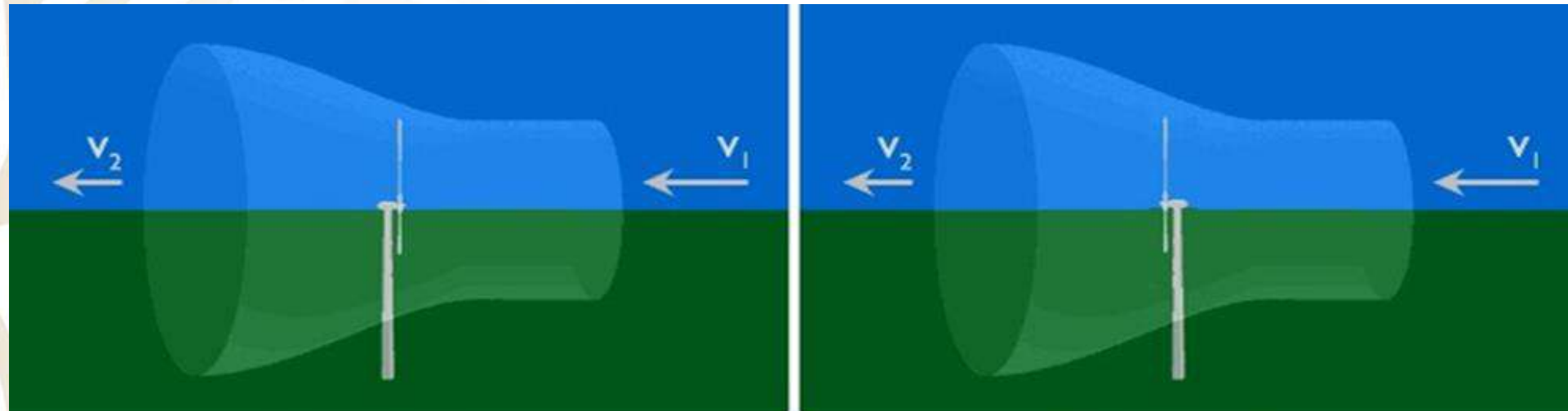


Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

Aerogeneradores de eje horizontal

Clasificación de acuerdo a la orientación del viento



a) Barlovento

b) Sotavento

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

Aerogeneradores de eje horizontal

Clasificación de acuerdo al número de palas



a) Monopala

b) Bipala

c) Tripala

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

Aerogeneradores de eje horizontal

Clasificación de acuerdo al tipo de torre



Torre tubular



Torre de celosía



Torre de mástil
tensado



Torre de hormigón



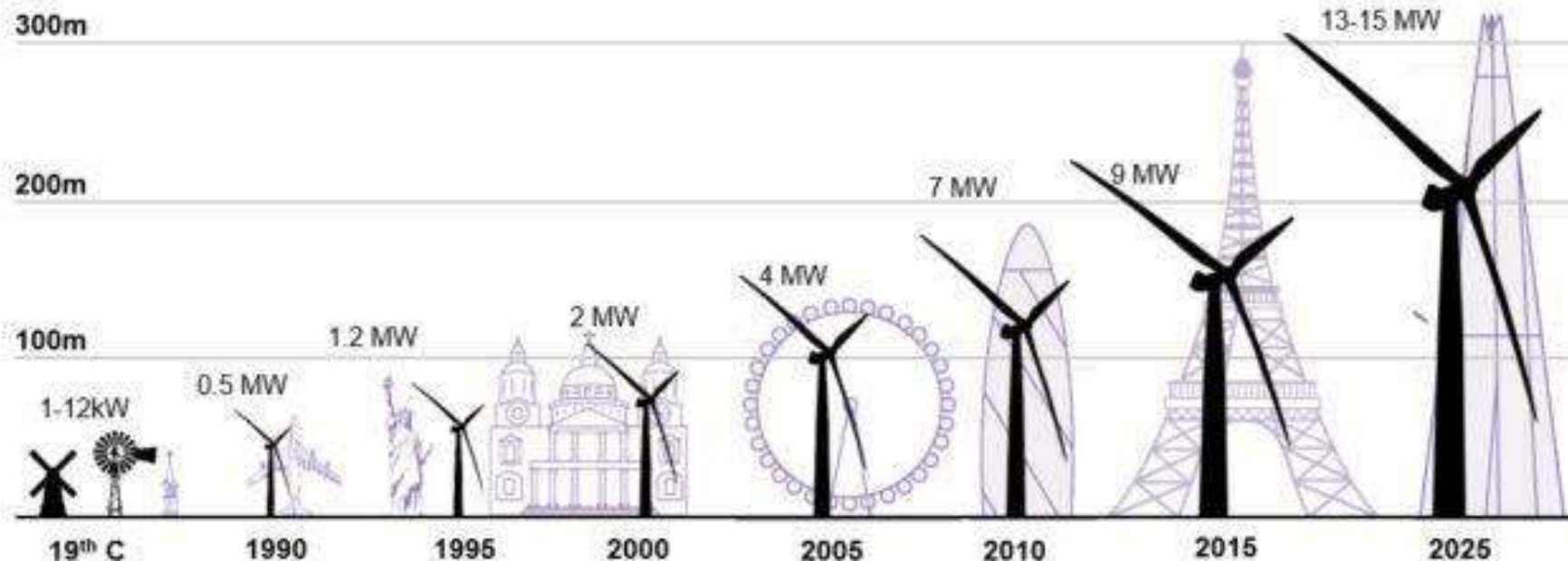
Torre híbrida

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Evolution of wind turbine heights and output



Sources: Various, Bloomberg New Energy Finance

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Fuentes Alternas de Energía Energía Eólica



Impactos ambientales positivos

- Por cada 250 MW de energía eólica que se ponen en operación se evita la quema de 1 millón de barriles de petróleo
- Se dejan de emitir 700 mil toneladas de CO2 a la atmósfera
- 660 empleos durante la construcción - 100 empleos permanentes
- Se requieren entre 2 mil y 8 mil hectáreas, pero solo el 15% del área es realmente utilizada
 - 85% restante puede ser usado para la agricultura o su actividad tradicional

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Fuentes Alternas de Energía Energía Eólica



Afectaciones ambientales

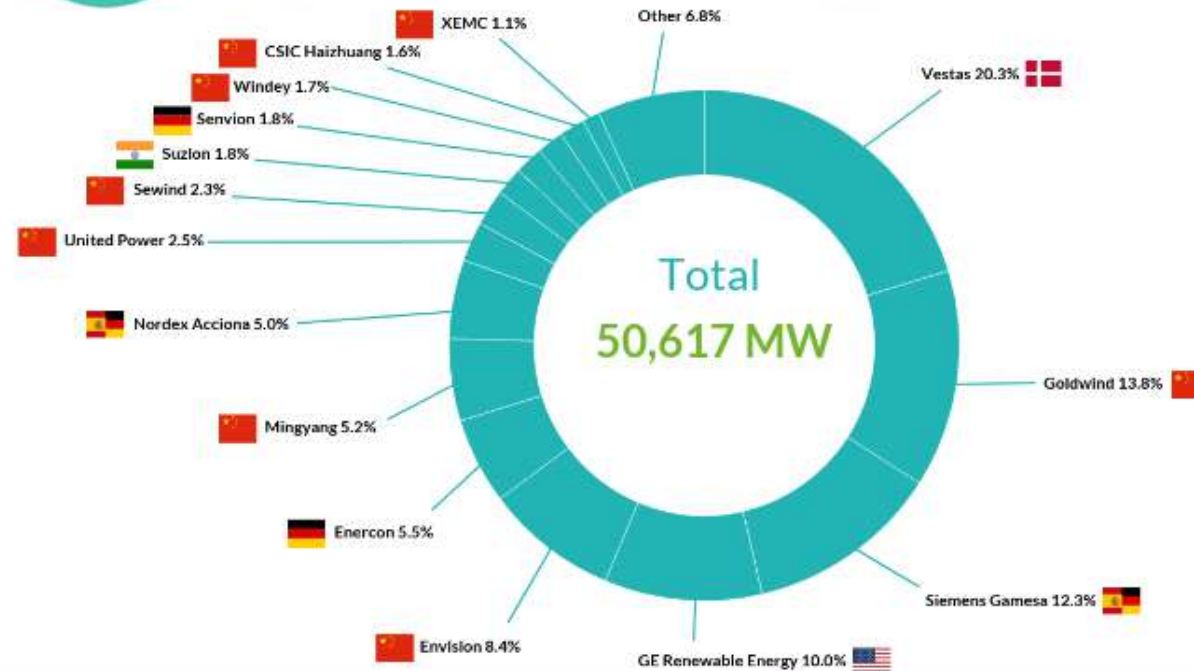
- Choque de aves, murciélagos e insectos en las palas de las turbinas.
- Afectación de las rutas de migración naturales en el espacio aéreo.
- Modificación de los sitios de anidamiento, hábitos alimenticios, crianza y distribución
- Contaminación del suelo por derrames de aceites
- Incendios por fallas en el funcionamiento de los aerogeneradores
- Contaminación por ruido
- Modificación del uso del suelo : afectación de pastizales y la vegetación circundante
- Interferencia de radio y televisión

Fuentes Alternas de Energía Energía Eólica



WINDSIGHTS

Top 15 Wind Turbine Supplier in Global Market 2018



“ 20,641 wind turbines were installed globally in 2018, produced by 37 wind turbine manufacturers. ”

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

Potencia del viento



$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 = \frac{1}{8} \rho \pi D^2 v^3$$

Donde:

P es la potencia del viento (W)

ρ es la densidad del aire (kg/m³)

A es el área circular (m²)

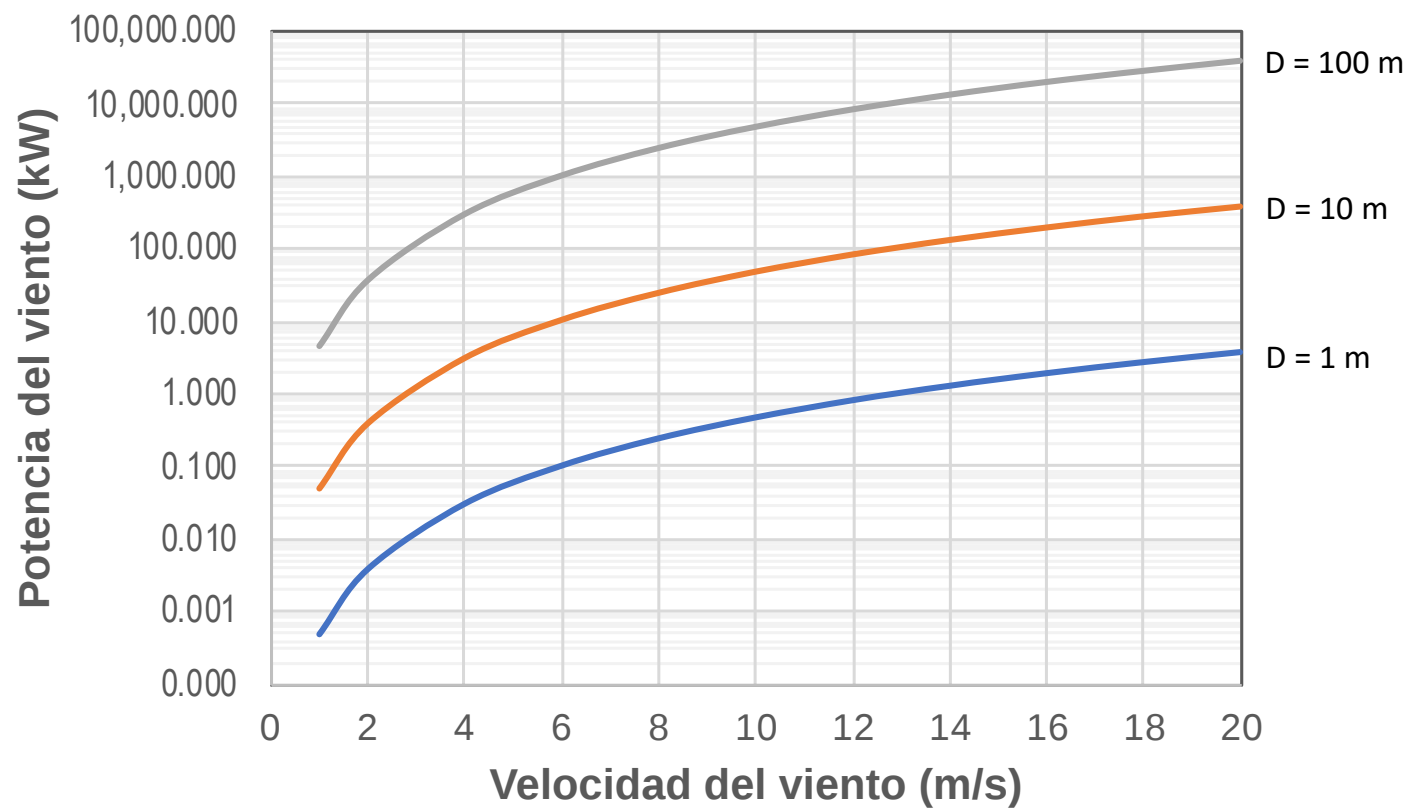
D es el diámetro del rotor (m)

v es la velocidad del viento (m/s)

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

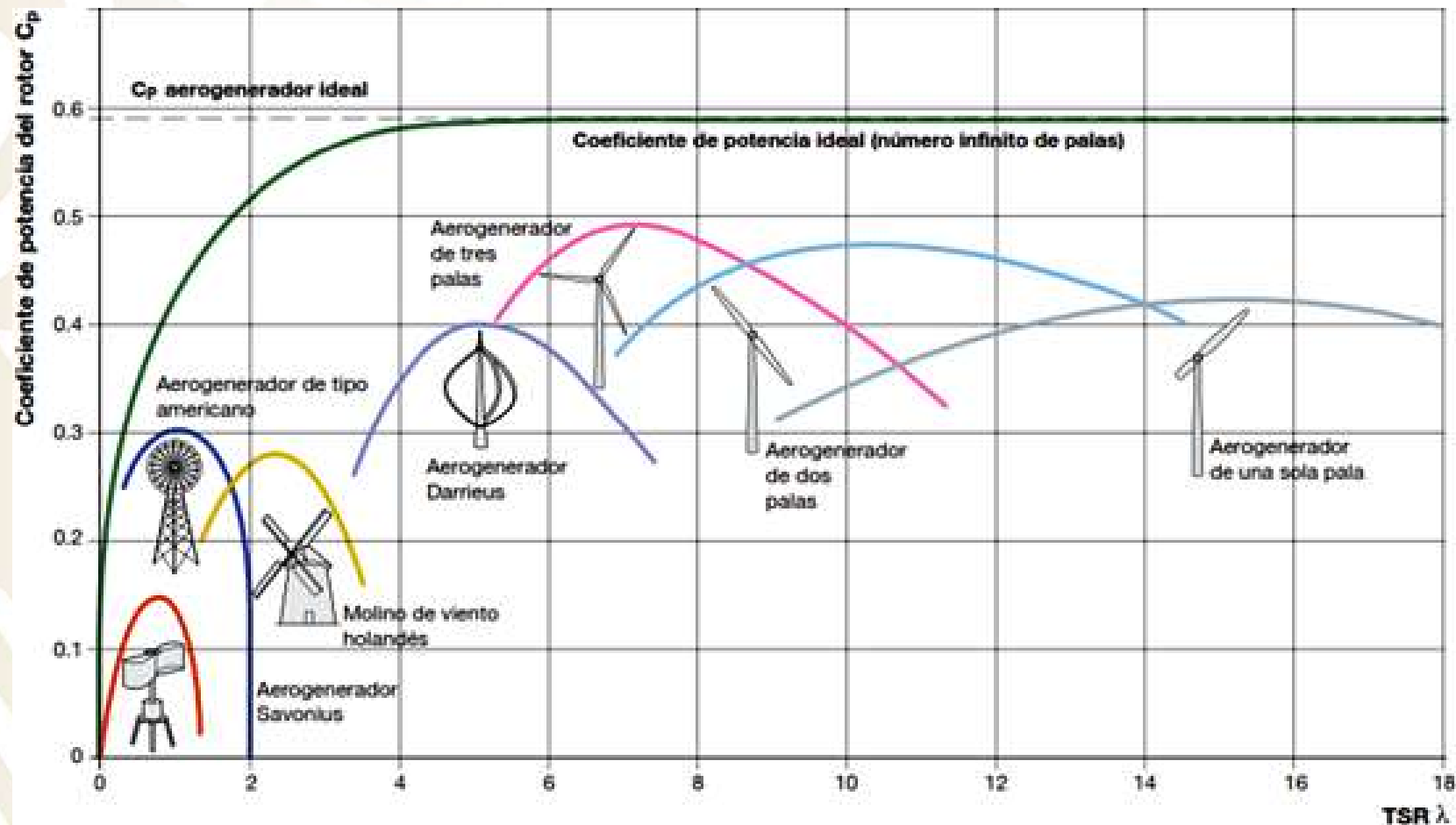
Gráfico de potencia del viento



Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

Rendimiento del aerogenerador



Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



La velocidad del viento es el parámetro más importante para el diseño del sistema, por lo que los estudios preliminares deben iniciar mediciones de este parámetro.

También se debe estudiar el comportamiento de la dirección del viento.

Usualmente los anemómetros para los estudios preliminares se colocan a 10 m de altura



Fuentes Alternas de Energía Energía Eólica



Ley exponencial de Hellmann

Relaciona las lecturas de velocidad del viento a dos alturas diferentes :

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{H}{H_0} \right)^\alpha$$

Donde,

v : velocidad a la altura H

v_0 : velocidad a la altura H_0 (altura de 10 m)

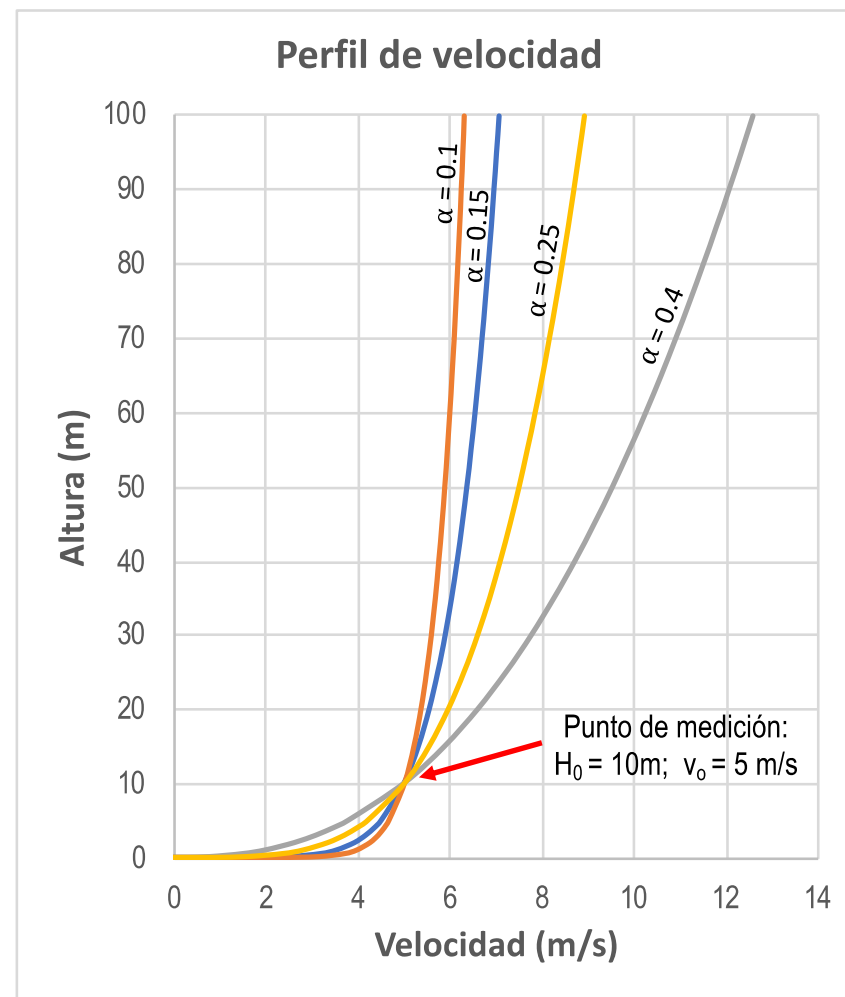
α : coeficiente de fricción o exponente de Hellman (en función de la topografía del terreno, frecuentemente = 1/7 para terrenos abiertos)

Fuentes Alternas de Energía

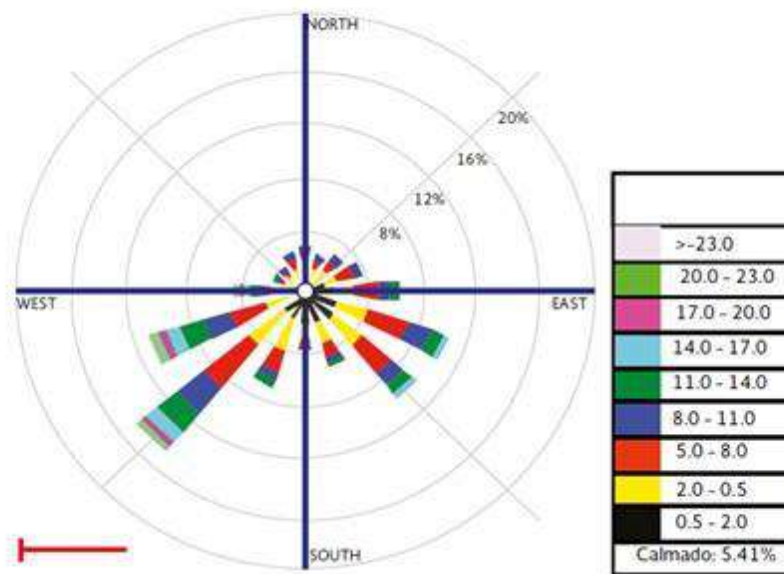
Energía Eólica

Valores del exponente de Hellmann (α) para diferentes tipos de terreno que se dan en función de la rugosidad del terreno

Tipo de terreno	Coefficiente de fricción
Lagos, océano, superficies suaves y tierra dura	0.10
Césped	0.15
Terrenos de cultivo, setos o vallas, y arbustos	0.20
Campo boscoso con muchos árboles	0.25
Pueblo pequeño con algunos árboles y arbustos	0.30
Área de la ciudad con edificios altos	0.40



Fuentes Alternas de Energía Energía Eólica



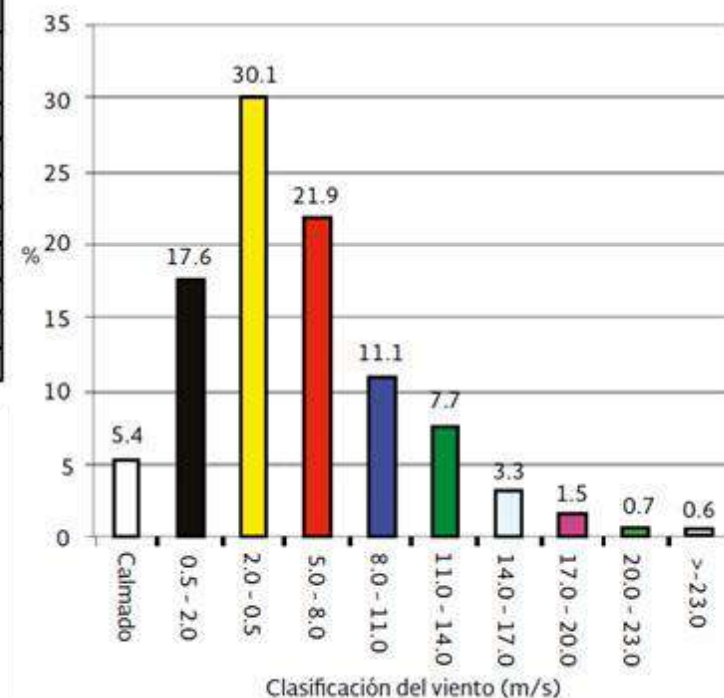
Rosa de los vientos

Altura de medición: 40 m

Inicio de medición: 2015/enero/01/00:00

Fin de medición: 2015/diciembre/31/23:00

Espaciamiento de la toma de datos: 10 min



Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

Potencia promedio (W)

- Potencia total del viento antes de llegar al rotor:
- Velocidad promedio del viento:
- Potencia promedio



$$P_w = \frac{\rho A v_i^3}{2}$$

$$v_{prom} = \left(\frac{\sum_{j=1}^N v_j^3}{N} \right)^{1/3}$$

$$P_{prom} = \frac{1}{2} \rho (v^3)_{prom}$$

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

Ejemplo:

Lectura	m/s	Lectura	m/s	Lectura	m/s
1	5.1	25	5.8	49	5.8
2	5.2	26	6	50	6
3	5.1	27	6.2	51	6.2
4	5	28	6.5	52	6.5
5	4.8	29	6.9	53	6.9
6	4.7	30	6.6	54	6.6
7	5.2	31	7.1	55	7.1
8	5.3	32	7.2	56	7.2
9	5.3	33	7.7	57	7.7
10	5.6	34	7.3	58	7.3
11	6.0	35	7.6	59	7.6
12	6.1	36	8.1	60	8.1
13	6.4	37	8.2	61	8.2
14	6.6	38	7.6	62	7.6
15	7.2	39	7.4	63	7.4
16	7.7	40	7.5	64	7.5
17	7.6	41	7.3	65	7.3
18	7.3	42	7.1	66	7.1
19	7.6	43	6.9	67	6.9
20	7.1	44	6.7	68	6.7
21	6.2	45	6.4	69	6.4
22	6	46	5.9	70	5.9
23	6.1	47	5.8	71	5.8
24	5.9	48	5.3	72	5.3
Promedio de la serie =			7.35		

$$v_{prom} = \left(\frac{\sum_{j=1}^N v_j^3}{N} \right)^{1/3} = 6.723$$

$$P_{prom} = \frac{1}{2} \rho (v^3)_{prom} = 186.12 \text{ W/m}^2$$

con $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Clases de viento utilizadas en EE. UU,

Clase	A 30 m de altura			A 50 m de altura		
	Velocidad del viento m/s	Potencia del viento W/m ²	Consideración del recurso eólico	Velocidad del viento m/s	Potencia del viento W/m ²	Clasificación del recurso eólico
1	0 - 5.1	0 - 160	-----	0 - 5.6	0 - 200	Pobre
2	5.1 - 5.9	160 - 240	Escaso	5.6 - 6.4	200 - 300	Escaso
3	5.9 - 6.5	240 - 320	Moderado	6.4 - 7.0	300 - 400	Moderado
4	6.5 - 7.0	320 - 400	Bueno	7.0 - 7.5	400 - 500	Bueno
5	7.0 - 7.4	400 - 480	Excelente	7.5 - 8.0	500 - 600	Excelente
6	7.4 - 8.2	480 - 640	Destacado	8.0 - 8.8	600 - 800	Destacado
7	8.2 - 11.0	640 - 1 600	soberbio	8.8 - 11.9	800 - 2 000	Soberbio

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica



Factores que influyen en la velocidad del viento

Los obstáculos topográficos naturales o artificiales perturban el régimen laminar del viento, sobre todo en las capas más bajas.

Al encontrar un obstáculo el viento es desviado vertical y horizontalmente y, debido a la concentración del flujo laminar, aumenta en la parte superior y disminuye en la parte inferior.

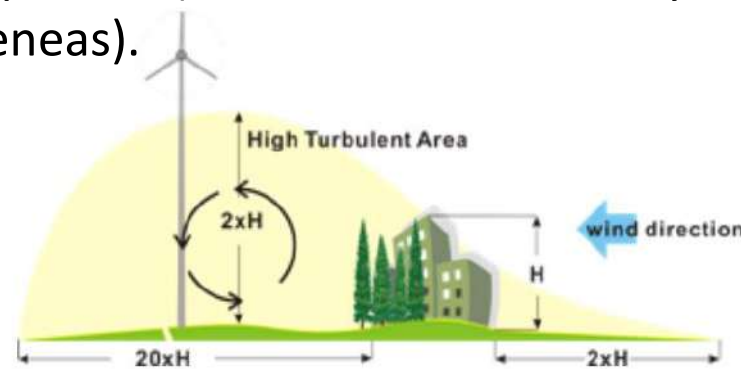
Factores ambientales:

orografía del terreno, temperatura, vegetación natural, cultivos, estación del año, entre otros



Factores artificiales:

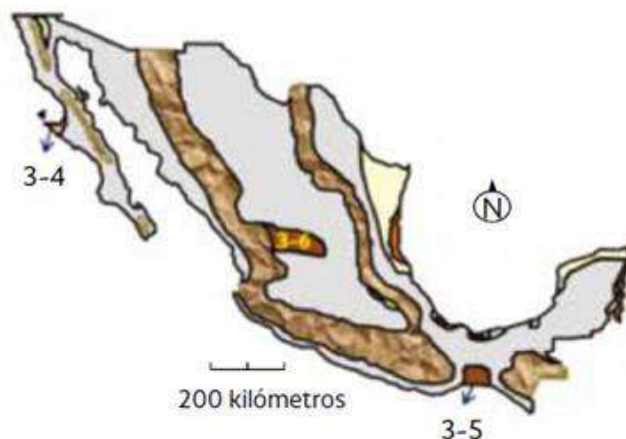
estructuras artificiales, obstáculos permanentes y temporales (edificios, casas, vallas y chimeneas).



Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica

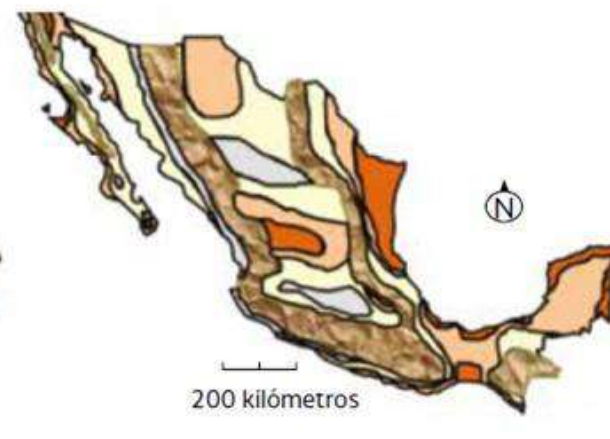
El recurso eólico de México



a) Clasificación de la potencia del viento para aplicaciones a gran escala

Clase	Densidad de potencia a 50 m (W/m ²)	Velocidad ^a del viento a 50 m (m/s)	Potencial del recurso
3	300 - 400	5.2 - 7.1	Moderado
4	400 - 500	5.7 - 7.8	Bueno
5+	500 - 1000	7.7 - 10.6	Excelente
Terreno montañoso			

^a Intervalo de velocidades del viento basado en el factor k de Weibull, 1.25 - 1.30, en diferentes regiones de México



b) Clasificación de la potencia del viento para aplicaciones a baja escala

Clase	Densidad de potencia a 30 m (W/m ²)	Velocidad ^a del viento a 30 m (m/s)	Potencial del recurso
1	0 - 75	3.5 - 4.5	Pobre
2	75 - 150	4.1 - 5.6	Regular
3	150 - 250	4.9 - 6.7	Bueno
4	250 - 500	6.1 - 8.4	Excelente
Terreno montañoso			

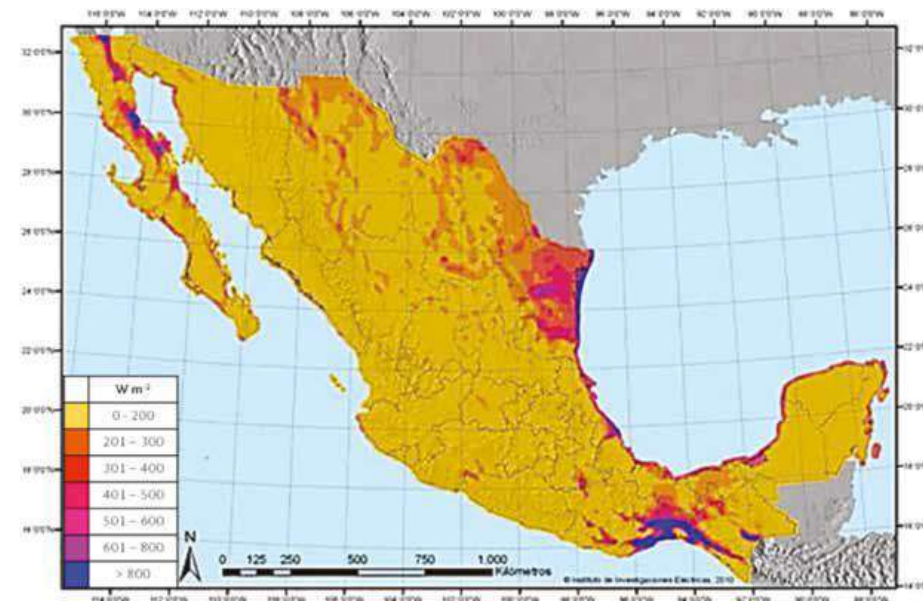
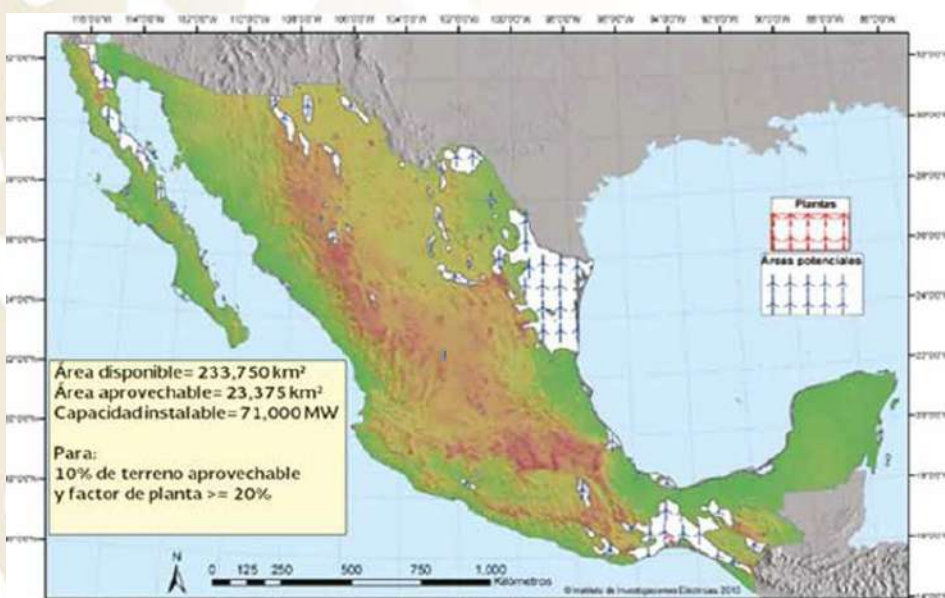
^a Intervalo de velocidades del viento basado en el factor k de Weibull, 1.25 - 1.30, en diferentes regiones de México

Fuentes Alternas de Energía

Energía Eólica Potencial de aprovechamiento

La Rumorosa, BC
Cerro de la Virgen, ZAC
Zona de Campeche
Península de Yucatán

Guerrero Negro, BCS
Costa de Tamaulipas
Istmo de Tehuantepec



Las áreas mas
destacadas por su
potencial eólico son
Oaxaca, Tamaulipas y
Baja California

3. Energía Solar

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



EL SOL



El Sol se formó hace 4.650 millones de años y tiene combustible para 5.000 millones más. Después, comenzará a hacerse más y más grande, hasta convertirse en una gigante roja.

Finalmente, se hundirá por su propio peso y se convertirá en una enana blanca, que puede tardar un trillón de años en enfriarse.

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



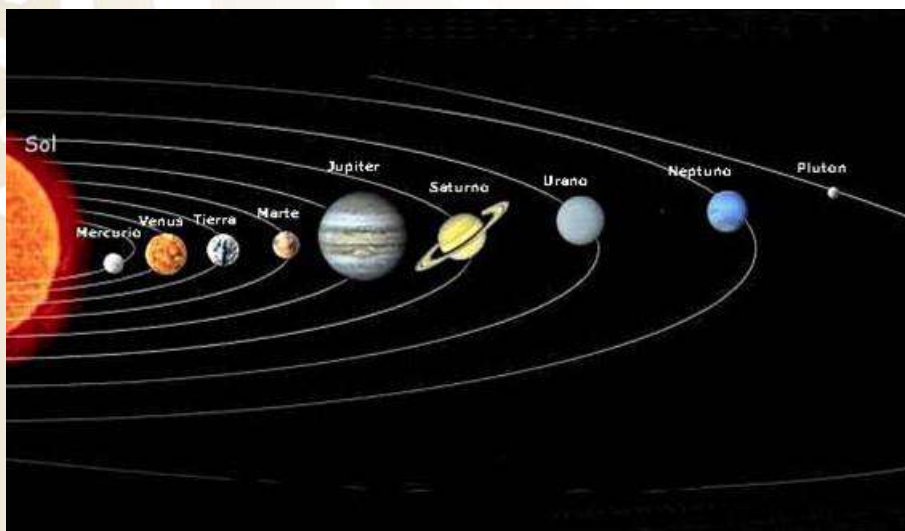
EL SOL



Datos básicos	El Sol	La Tierra
Tamaño: radio ecuatorial	695.000 km.	6.378 km.
Periodo de rotación sobre el eje	de 25 a 36 días	23,93 horas
Masa comparada con la Tierra	332.830	1
Temperatura media superficial	6000 ° C	15 ° C
Gravedad superficial en la fotosfera	274 m/s ²	9,78 m/s ²

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

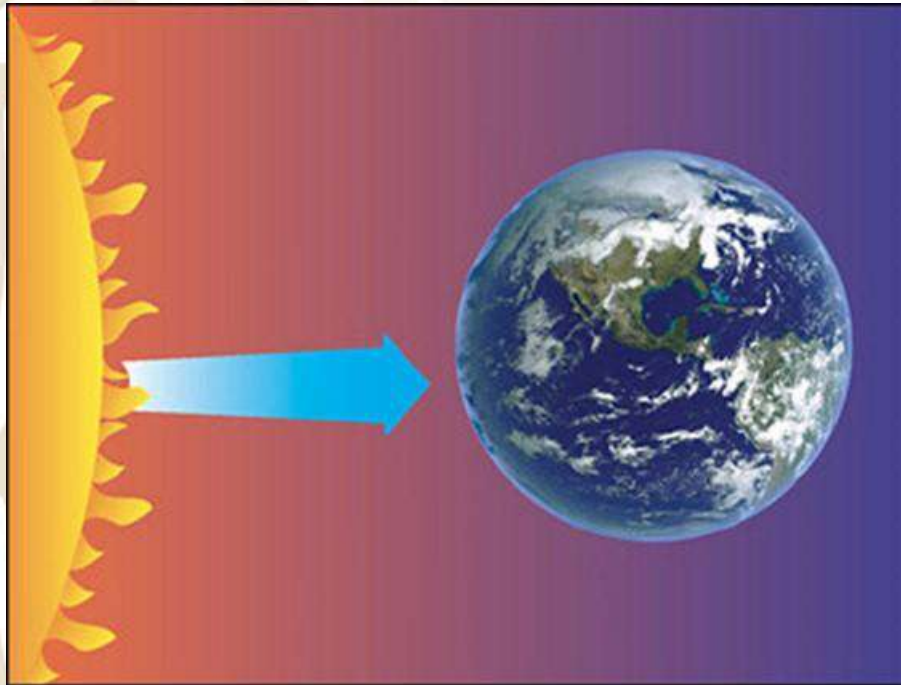


EL SOL

El Sol contiene más del 99% de toda la materia del Sistema Solar. Ejerce una fuerte atracción gravitatoria sobre los planetas y los hace girar a su alrededor.

Fuentes Alternas de Energía

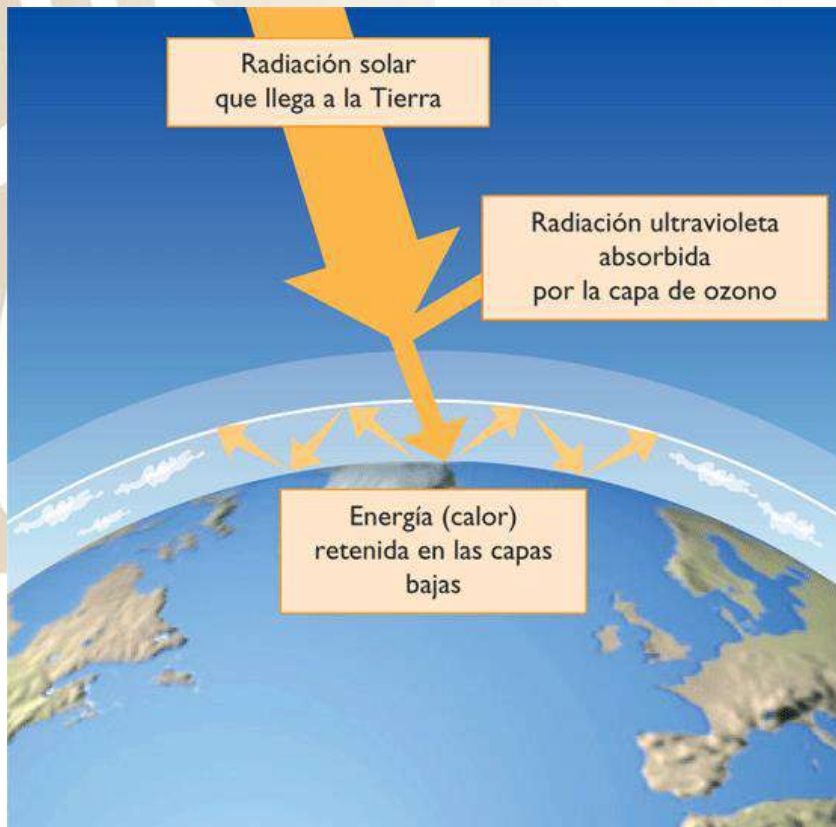
Energía Solar



La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol.

Fuentes Alternas de Energía

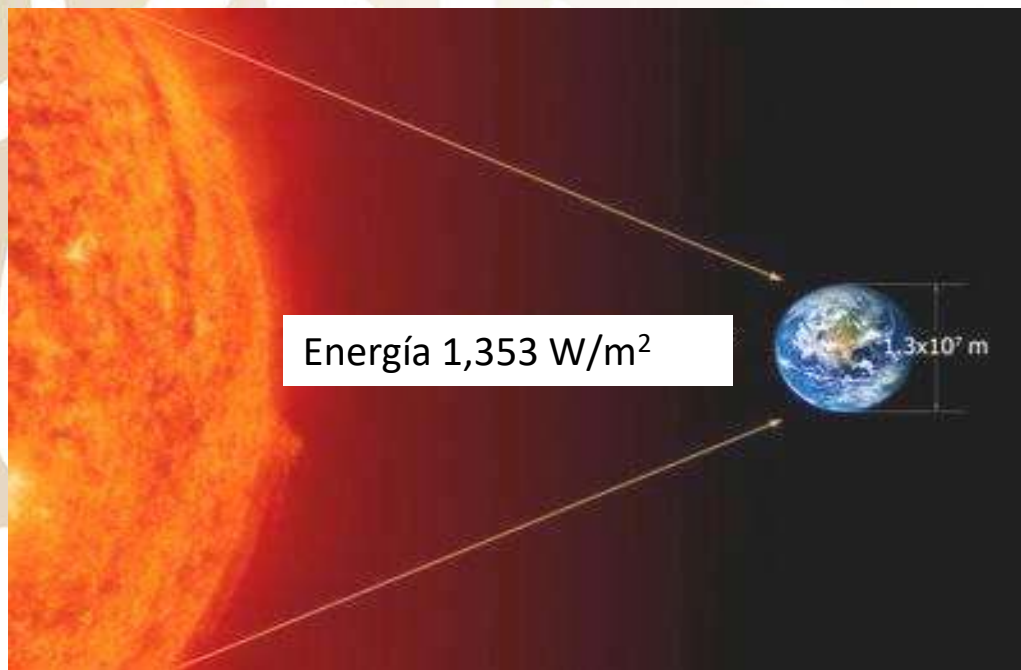
Energía Solar



La cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie se le conoce como radiación solar y se expresa en W/m^2

Fuentes Alternas de Energía

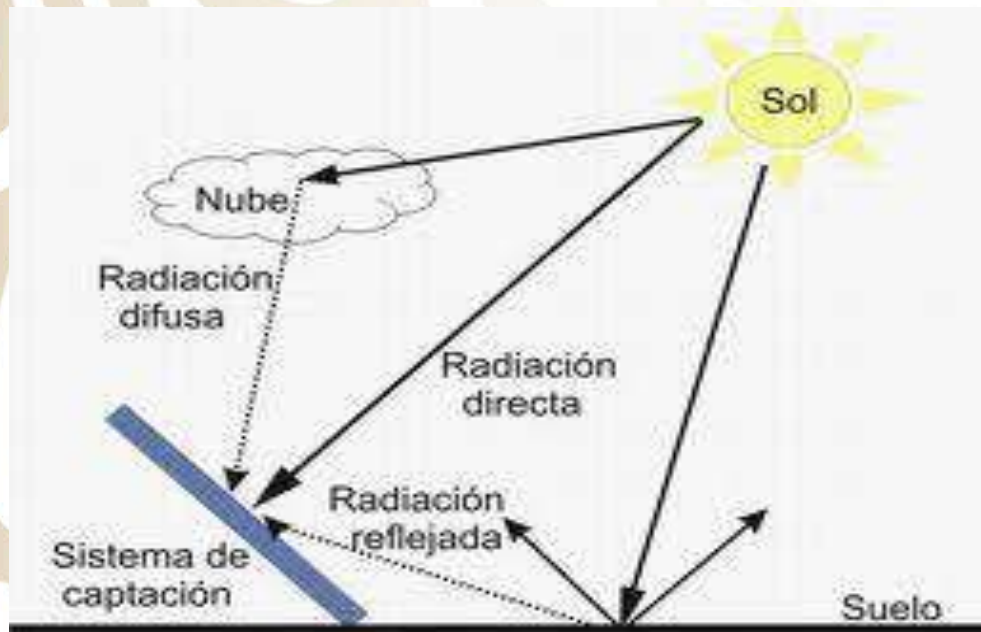
Energía Solar



La energía recibida del sol en un área unitaria expuesta perpendicularmente a sus rayos a una distancia promedio entre el sol y la tierra y en ausencia de la atmósfera terrestre, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor de $1,353 \text{ W/m}^2$

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



La Radiación solar recibida en un punto determinado está compuesta por:

- Radiación directa
- Radiación difusa
- Radiación reflejada

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



INSOLACION

Es la cantidad total de radiación solar que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de 1m^2 , para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar, por día. La unidad de medida es:

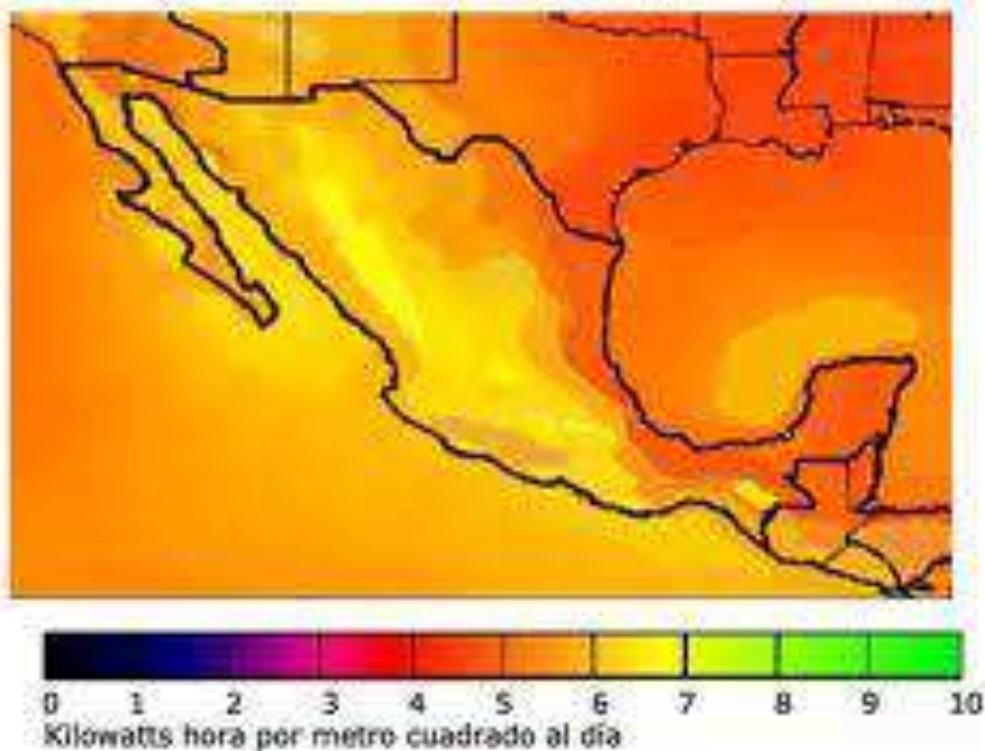
$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



INSOLACIÓN ANUAL



La **Insolación** promedio en la República Mexicana se encuentra entre:
4.5 y 6.8 kWh/m²-día

México es uno de los países con mayor potencial de generación solar fotovoltaica del mundo.

El potencial de generación es 2.5 veces mayor a la demanda de energía eléctrica del país de 2018

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



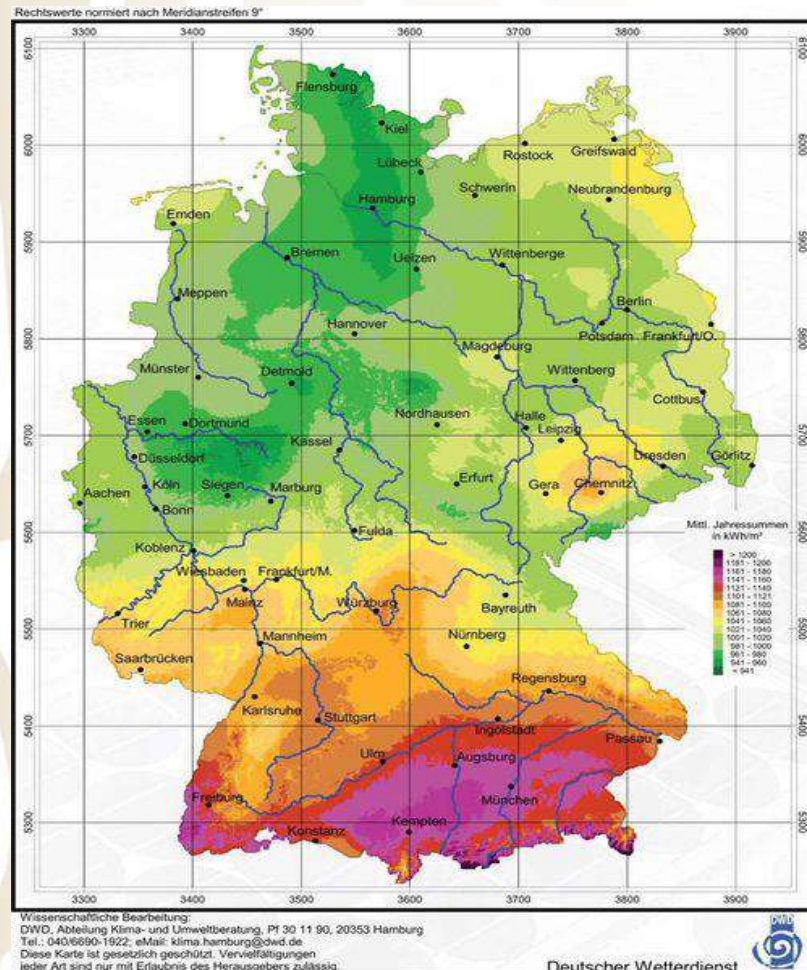
Ciudad	Insolación kWh/m ² -día		
	mínima	máxima	media
Campeche, Camp.	4.4	6.0	5.2
La Paz, B.C.S.	4.2	6.6	5.7
Mexicali, B.C.	3.9	7.5	5.5
Tuxtla Gutiérrez, Chia.	3.7	5.4	4.7
Ciudad Juárez, Chi.	5.9	7.4	6.7
Ciudad Obregón, Son.	5.3	7.3	6.5
Oaxaca, Oax.	4.4	6.0	5.3
Salina Cruz, Oax.	5.0	6.6	5.8
Veracruz, Ver.	3.6	5.1	4.6
Puebla, Pue.	4.4	6.4	5.5
Xalapa, Ver.	3.0	5.0	4.0

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Insolación en Alemania



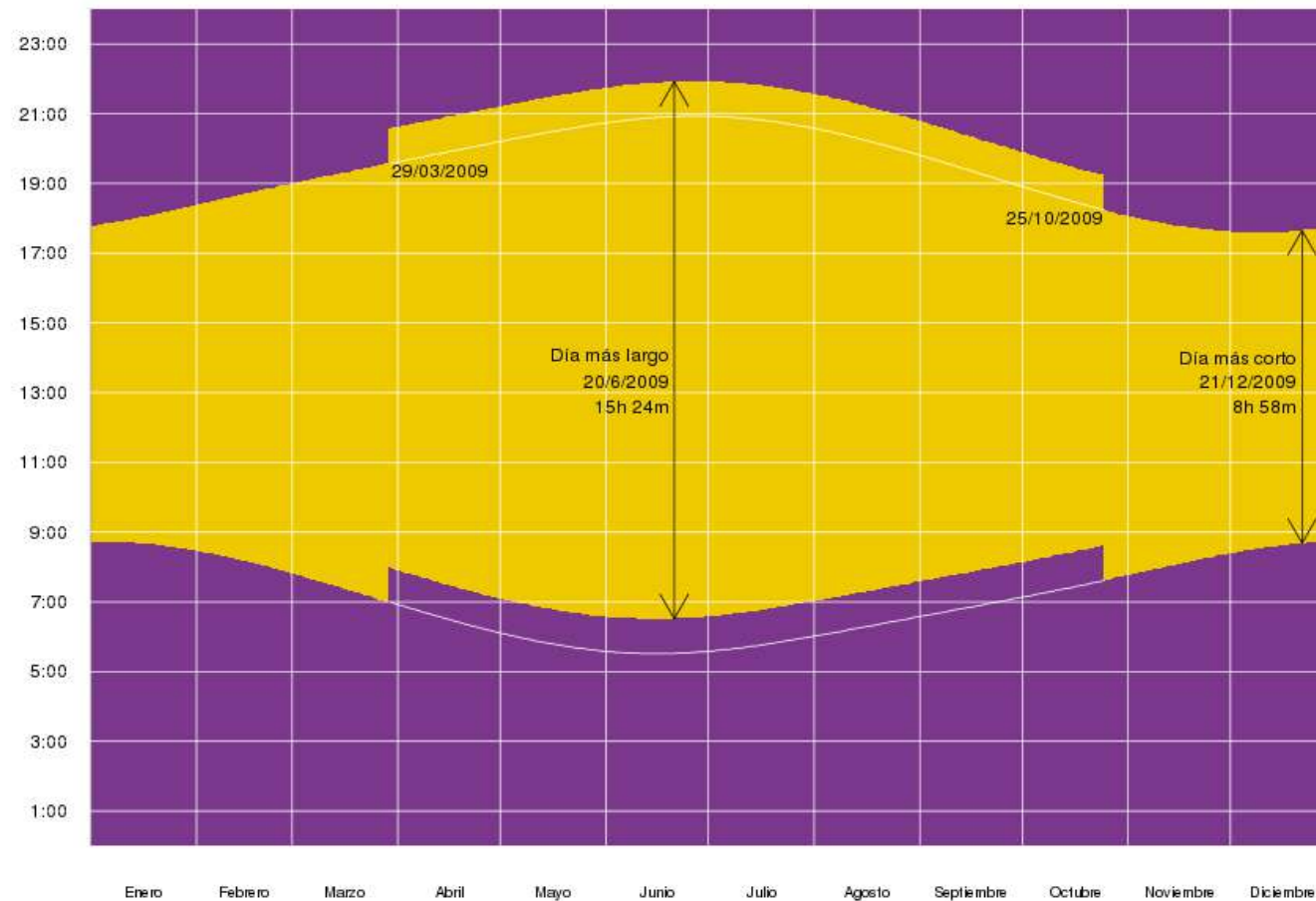
Ciudad	Insolación promedio (kWh/día)
Munich	3.18
Nuremberg	2.88
Frankfurt	2.80
Bonn	2.68
Duseldorf	2.63
Berlín	2.60
Bremen	2.52
Hamburgo	2.47

Fuentes Alternas de Energía

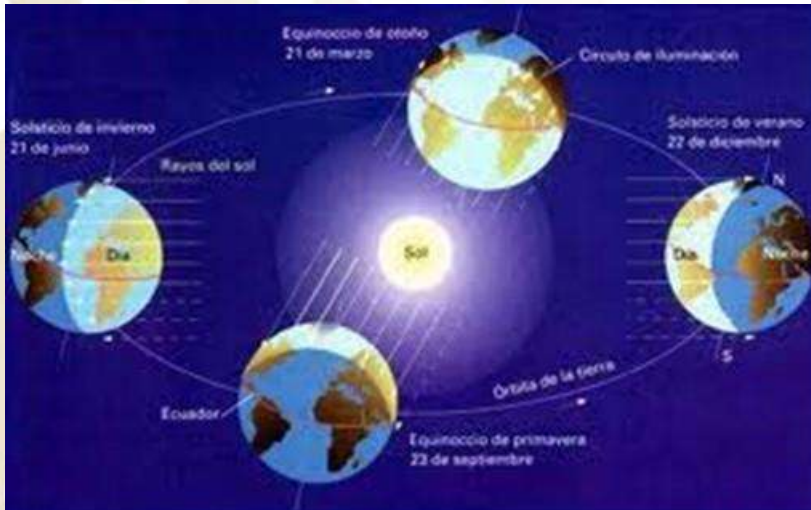
Energía Solar



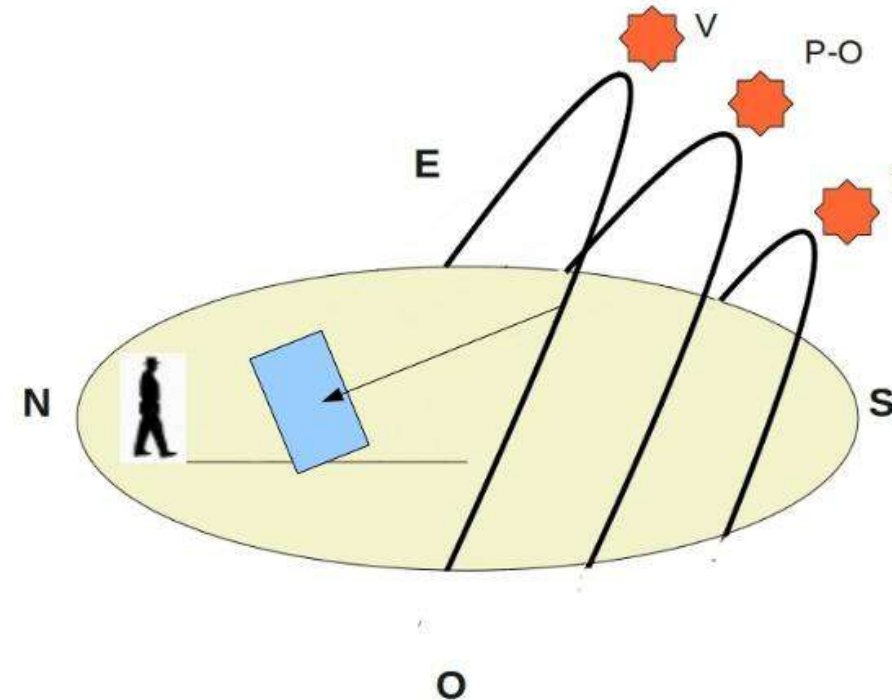
Horas de luz solar



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Trayectoria del Sol



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Aprovechamiento de la energía solar

Dos de las características básicas de la energía solar han sido fuente de la mayor parte de las dificultades tecnológicas para su aprovechamiento:

- Su **baja densidad** por unidad de área, lo que hace necesario dispositivos con gran extensión para captar cantidades importantes de energía.
- Su **intermitencia**, lo que implica que para muchas de sus aplicaciones potenciales se requieran dispositivos de almacenamiento energético, lo que encarece la tecnología.

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

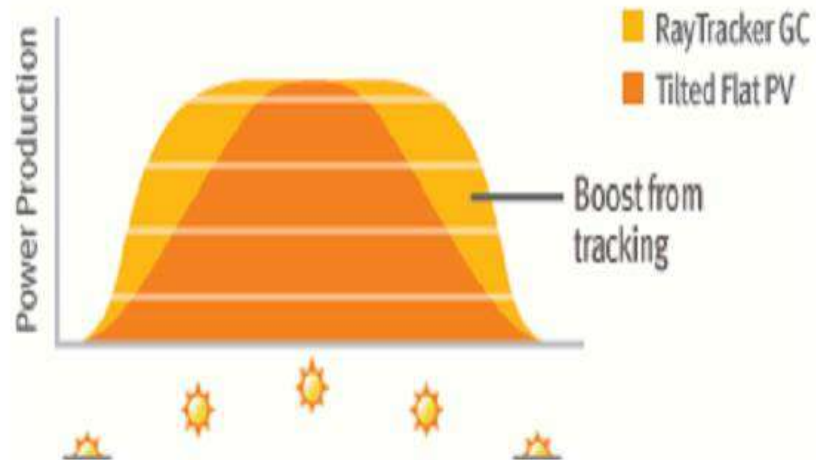


Aprovechamiento de la energía solar

Superficie plana SIN seguimiento

Superficie plana CON seguimiento

raytracker GC Daily Output vs. Flat PV

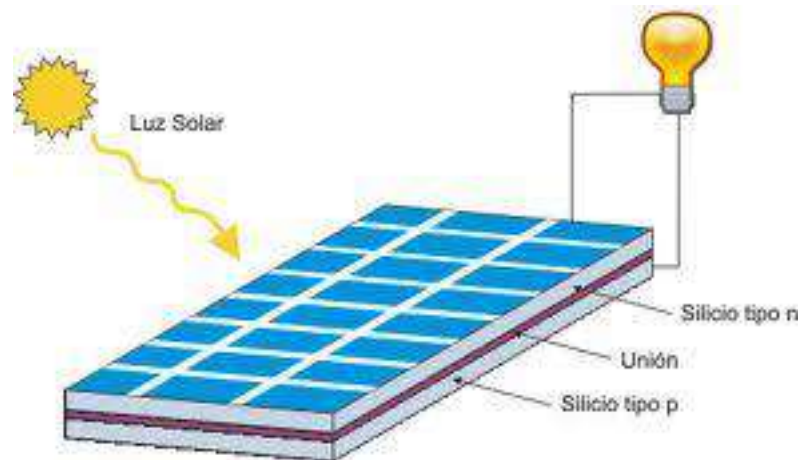


Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



LA CELDA FOTOVOLTAICA

La celda fotovoltaica es el dispositivo que transforma directamente la “luz solar” o “energía luminosa” en energía eléctrica.



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



LA CELDA FOTOVOLTAICA

¿Cómo funciona?

El efecto fotovoltaico ocurre en dispositivos en que en uno de los materiales que lo componen se generan portadores móviles de energía eléctrica, mediante la absorción de la energía de los fotones presentes en la luz, y existe además una barrera de potencial que permite separar a los portadores de carga de la región en la que se generan.

Fuentes Alternas de Energía

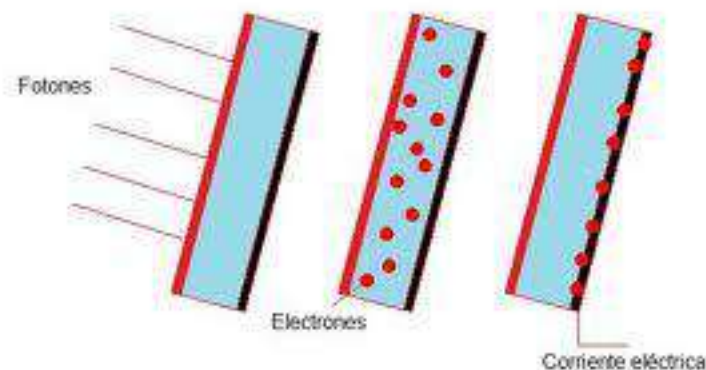
Energía Solar



LA CELDA FOTOVOLTAICA

¿Cómo funciona?

Los materiales semiconductores son materiales que satisfacen las dos condiciones anteriores para que ocurra el proceso fotovoltaico.



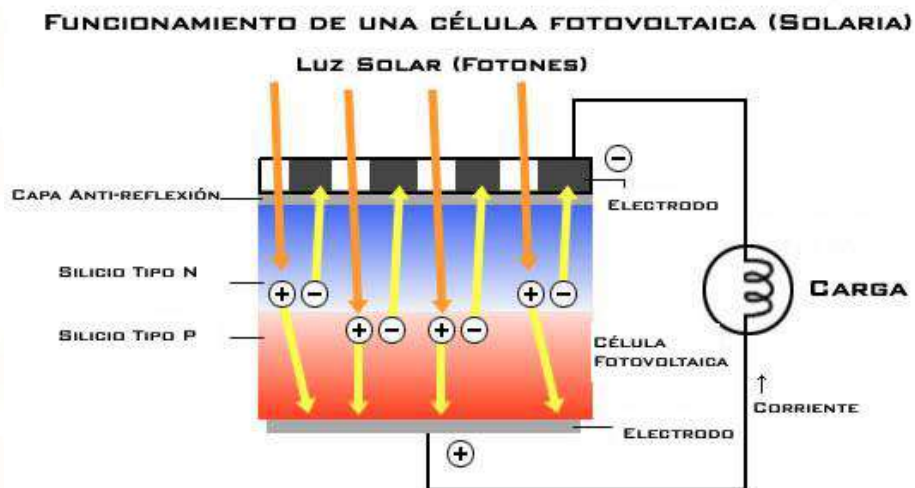
Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

LA CELDA FOTOVOLTAICA

¿De que está constituida?

Para llevar a cabo la conversión fotovoltaica se utilizan unos dispositivos denominados células solares, constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante.



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



LA CELDA FOTOVOLTAICA

¿De que está constituida?

El material más utilizado es el Silicio Estas células conectadas en serie o paralelo forman un panel solar encargado de suministrar la tensión y la corriente que se ajuste a la demanda.

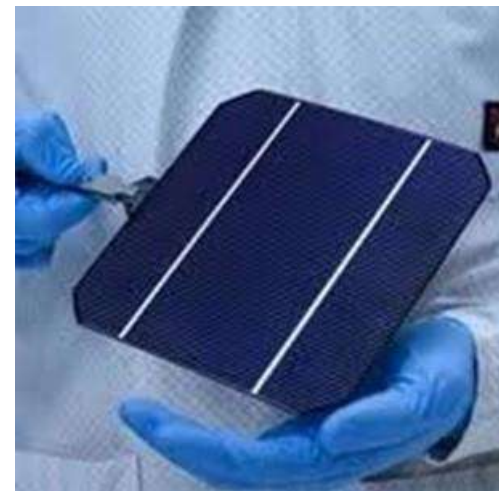
Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



LA CELDA FOTOVOLTAICA

La potencia de las celdas fotovoltaicas se conoce como potencia fotovoltaica y se especifica en Watt-pico (Wp).

La potencia eléctrica generada por el inversor se especifica en términos de Watts



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Módulo o panel fotovoltaico



El módulo o panel fotovoltaico es un arreglo constituido por varias células fotovoltaicas

En el conjunto del panel Fotovoltaico, las celdas solares deben ser iguales. Están conectadas eléctricamente entre si, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado.

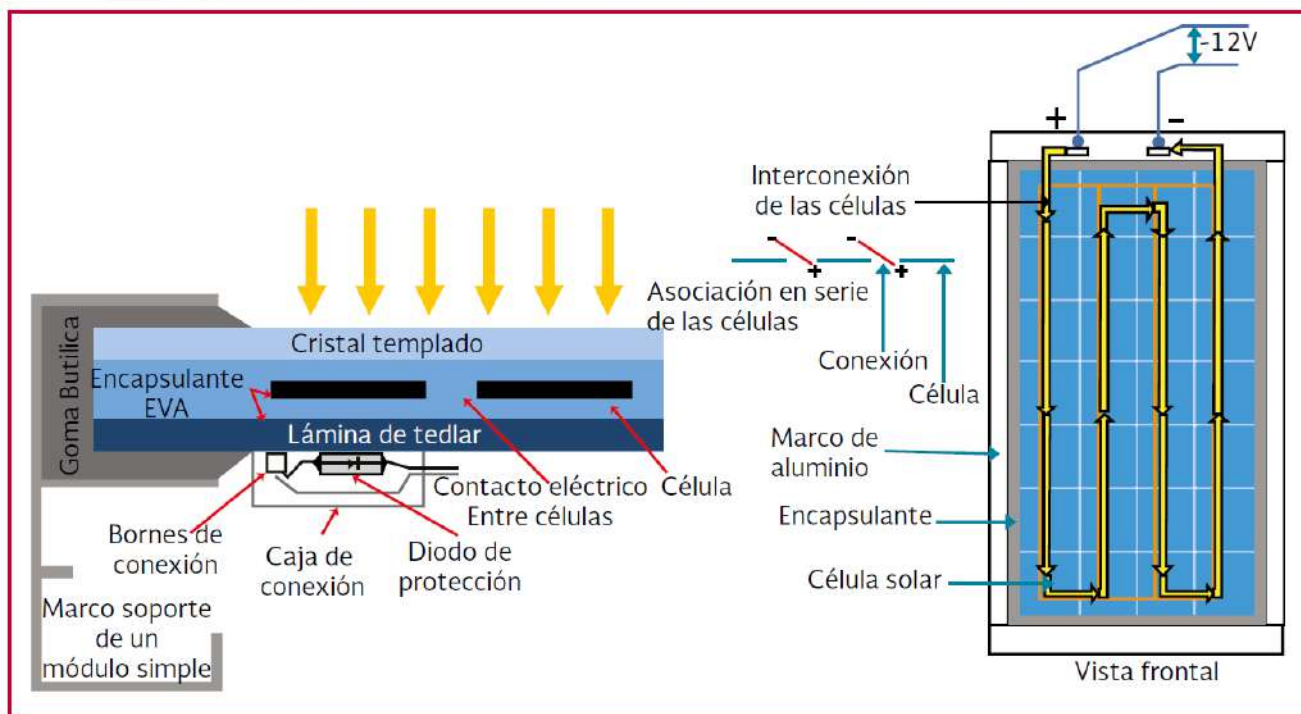
Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Módulo o panel fotovoltaico



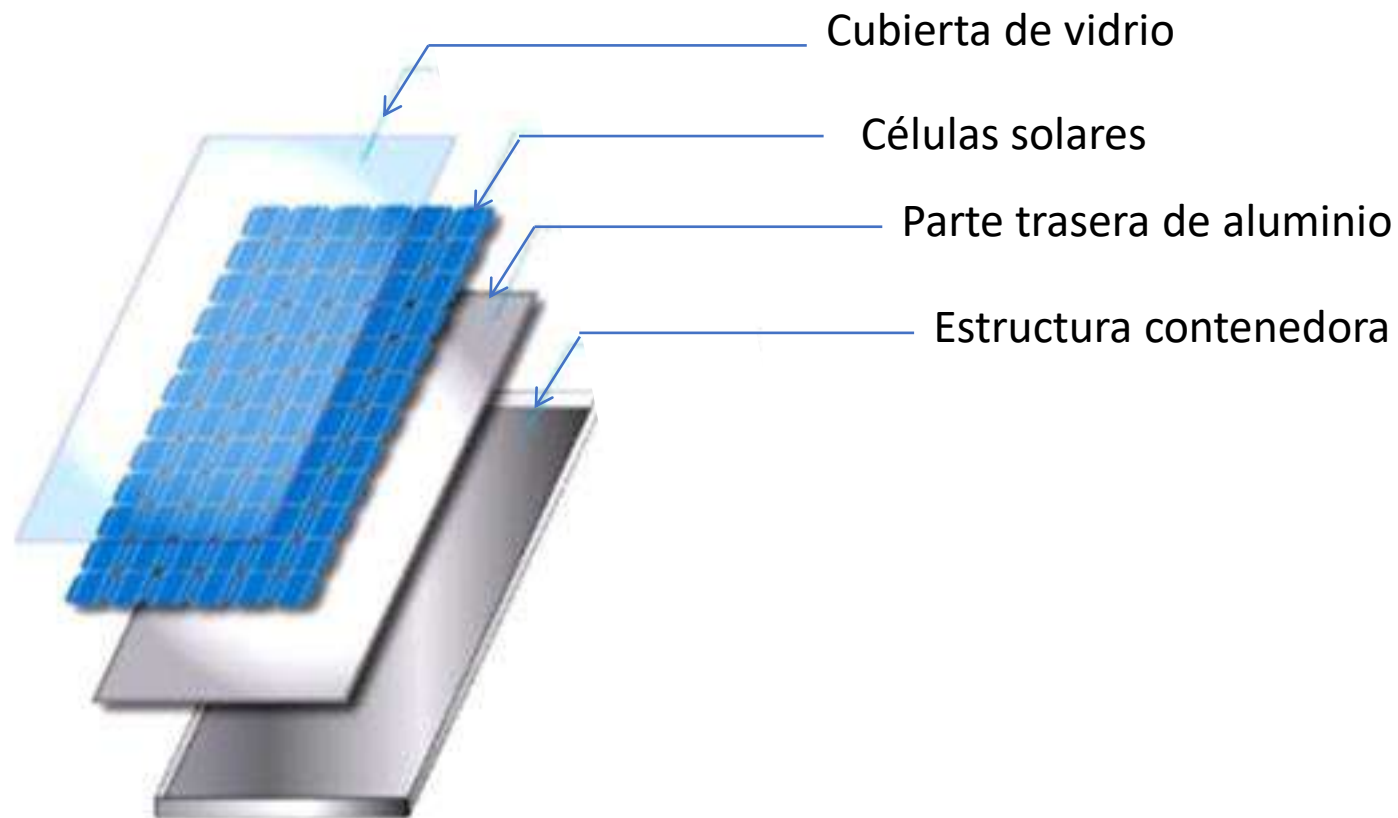
La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones en serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado.



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Módulo o panel fotovoltaico



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Arreglo fotovoltaico

Un arreglo fotovoltaico, consiste en un conjunto de paneles interconectados en una aplicación específica



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



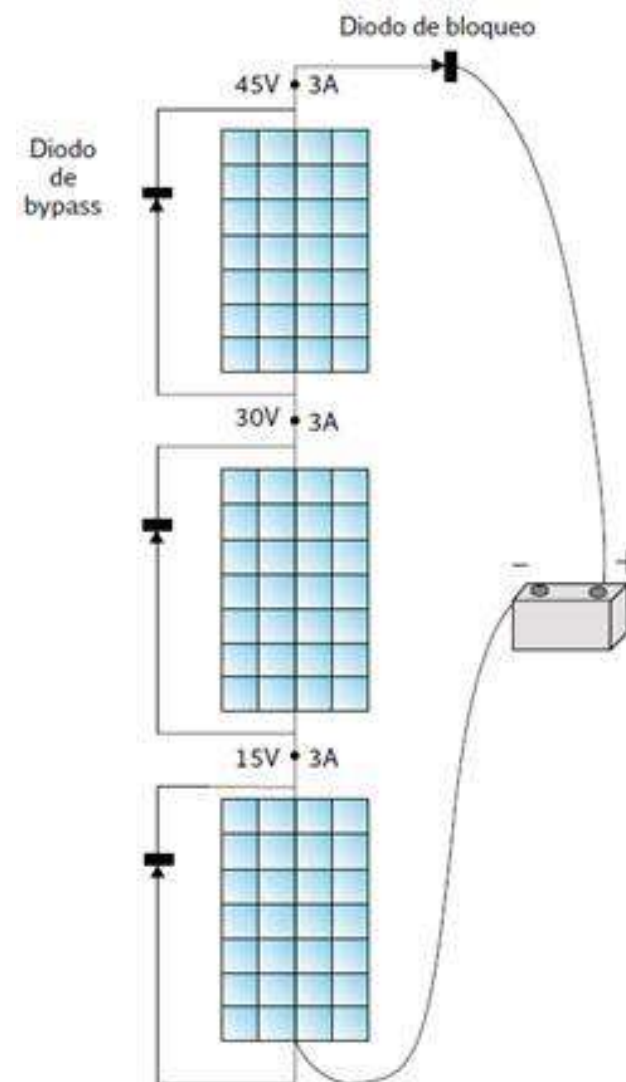
Conexiones del arreglo fotovoltaico

La tensión resultante = $\Sigma(\text{paneles})$.

La intensidad será la proporcionada por uno solo de ellos. Si falla uno de los paneles conectados en serie, el conjunto puede dejar de funcionar. Para evitarlo, los diodos de bloqueo “puentean” ese módulo para que la corriente siga.

Normalmente se conectan módulos en serie para conseguir voltajes de 24 o 48 V, en instalaciones autónomas de electrificación, y superiores, 96 a 144 V, en instalaciones conectadas a la red o de alimentación para bombeos directos.

El voltaje de un módulo fotovoltaico, cuando funciona en el punto de máxima potencia, puede llegar a ser 1.4 veces el voltaje nominal.



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Conexiones del arreglo fotovoltaico

Conexión en paralelo

Conexión de terminales positivos de todos los paneles, y por otro, todos los terminales negativos. La salida del grupo generador la forman el terminal positivo común y el terminal negativo común.

La tensión coincidirá con la que proporcione un solo modulo, pero la intensidad = suma de intensidades de todos los módulos

El aumento de potencia se basa en mantener la potencia que puede dar un módulo y la suma de intensidades que proporcionen los módulos conectados. Normalmente se hacen conexiones en paralelo para conseguir intensidades de 20 o 25 A, en instalaciones autónomas de electrificación y/o bombeo, y superiores en instalaciones de conexión a la red de elevada potencia.

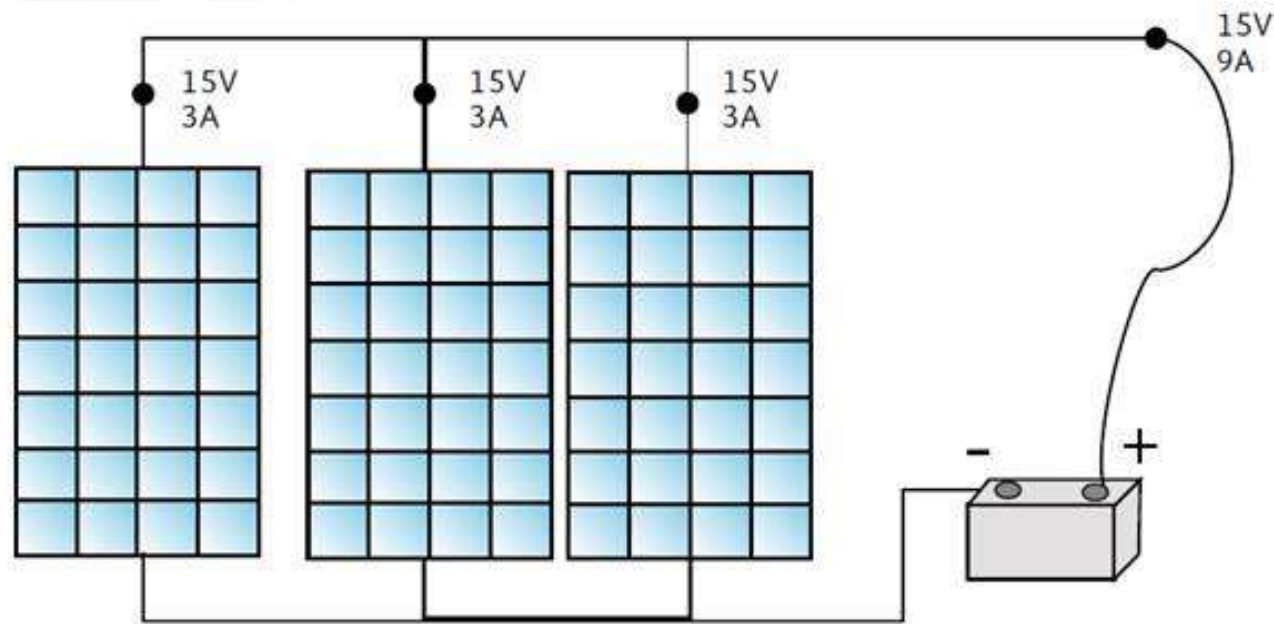
Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Conexiones del arreglo fotovoltaico

Conexión en paralelo



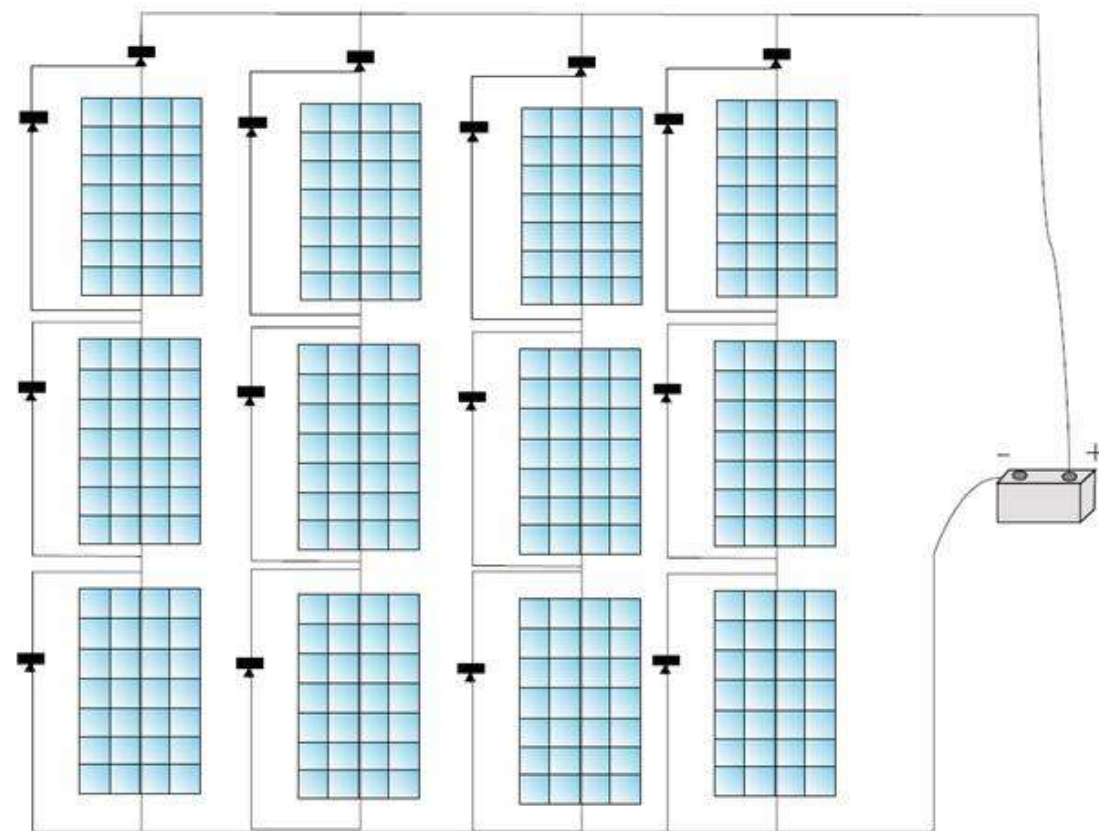
Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Conexiones del arreglo fotovoltaico

Conexión mixta

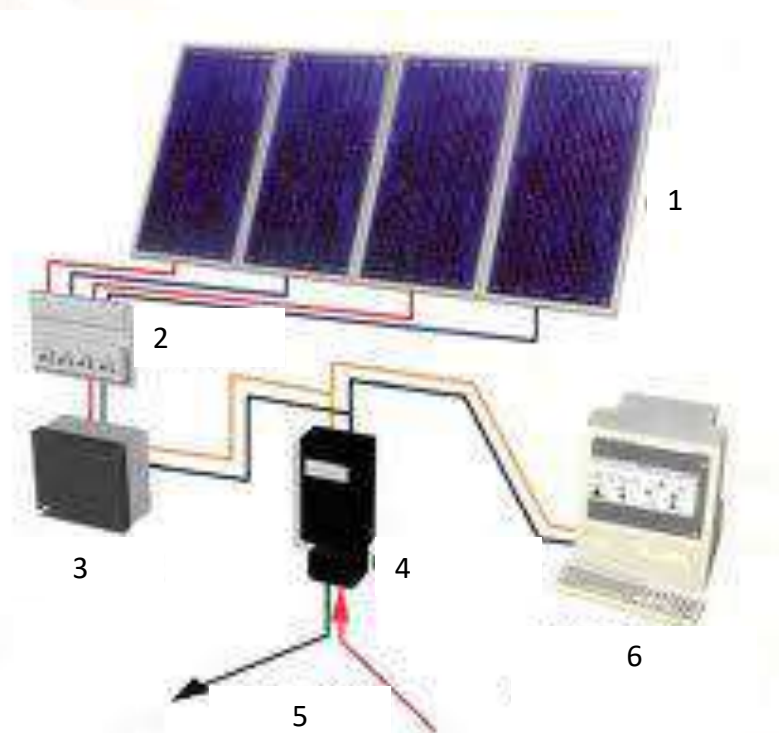
Para satisfacer diferentes necesidades de tensión y voltaje, los módulos pueden combinarse en agrupaciones serie-paralelo.



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Componentes del arreglo fotovoltaico



1. Arreglo fotovoltaico
2. Panel de control y protecciones
3. Inversor CD / CA
4. Medidor bidireccional
5. Energía suministrada desde / hacia la red.
6. Sistema de monitoreo

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Otros componentes del arreglo fotovoltaico

Baterías

- Acumulan la energía generada para ser utilizada en horas donde la energía consumida es superior a la generada
- Proveen una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar.
- Proporciona un voltaje estable y constante independiente de las condiciones de incidencia luminosa



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Otros componentes del arreglo fotovoltaico

Baterías (Plomo o Litio)

Comparativo para un consumo de 5,000 kWh/año

Parámetro	Batería de Plomo	Batería de Litio
Potencia (kW)	20	10
Capacidad (Amperiois-hora)	400	215
Profundidad de descarga máxima	50%	80-90%
Ciclos de vida	800 (2.5 años)	20,000 (54 años)
Garantía (años)	1	10
Peso (kg)	450	140
Rango de temperatura (°C)	+10 a +50	-10 a + 60
Instalación	En suelo	En pared
Precio aproximado (NMX)	\$ 70,000.00	107,500.00

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Otros componentes del arreglo fotovoltaico

Reguladores de carga

- Gestiona el consumo directo de las placas, las baterías y la carga de éstas evitando sobrecargas o descargas profundas, alargando la vida útil.



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Tecnologías fotovoltaicas



Silicio Cristalino	Thin Film (película fina)	Otras tecnologías
• Silicio monocristalino	• Silicio amorfo	• PERC
• Silicio policristalino	• Telurio de cadmio	• Heterounión (HIT)
	• CIS y CIGS	• Orgánicas
		• Tándem

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Mercado de las tecnologías fotovoltaicas

El **85%** del mercado comercial de paneles solares lo ocupan las celdas de silicio mono y policristalino (primera generación).

El otro **15%** del mercado lo ocupan las celdas con tecnología “thin film” (segunda generación)

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Tecnologías fotovoltaicas (silicio mono y policristalino)

El **silicio** es el principal componente de la oblea solar. Se funde a partir de arena, que está disponible de manera inagotable en la tierra es el segundo elemento más abundante de la corteza terrestre.

El **silicio monocristalino** posee una estructura cristalina interna homogénea, lo que puede reconocerse en su estructura exterior uniforme. Su eficiencia es de entre **15 y 19%**

El **silicio policristalino** tiene una estructura de muchos cristales que crecen irregularmente durante la solidificación. Las células policristalinas pueden reconocerse por límites intercristalinos transparentes que causan un “efecto de escamas metálicas”. Su eficiencia es de entre **14 y 17%**.

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

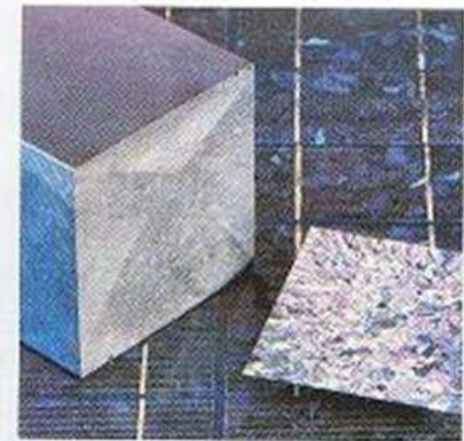
Tecnologías fotovoltaicas
(silicio mono y policristalino)



Silicio policristalino



Silicio monocristalino



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Tecnologías fotovoltaicas
(silicio mono y policristalino)



**Módulo de silicio
monocristalino**



**Módulo de silicio
policristalino**

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Tecnologías fotovoltaicas (silicio amorfo)

Se caracteriza por no tener ninguna estructura cristalina a diferencia de los anteriores, por lo que el silicio amorfo se forma por varias capas de Silicio depositadas al vacío sobre un cristal, plástico o metal.

Lo habitual es que se forme una célula continua ocupando todo el módulo, ya que se pueden fabricar de diversos tamaños.

La eficiencia es inferior a la de la del silicio cristalino, y plantea el problema de una disminución de su eficiencia cuando han sido expuestos a una larga y prolongada irradiación solar.

Es una tecnología muy estable con un buen comportamiento ante agentes externos como la lluvia la humedad, la temperatura o la corrosión.



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Tecnologías fotovoltaicas (telurio de cadmio)



El telurio de cadmio, conocido como CdTe, es otra clase de película fina. Tiene cualidades útiles, pero tiene un problema, que la sustancia es tóxica.

El CdTe es también menos eficiente que el silicio (eficiencia típica entre **11 y 13%**), aunque es más barato. En la fabricación de este tipo de células se utiliza vidrio recubierto con una delgada película de un compuesto cristalino de cadmio - telurio en vez del típico y costoso silicio, necesitando 100 veces menos material semiconductor.

Debido a que este proceso crea paneles de una forma rápida, el costo para el consumidor se puede reducir en un 50%.



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Tecnologías fotovoltaicas (CIS / CIGS)

Este tipo de célula fotovoltaica, está basado en Cobre, Indio y Selenio (CIS), aunque también están las de Cobre, Indio, Galio y Selenio (CIGS), también se de tipo de película fina. Aunque su eficiencia es menor que las de silicio cristalino, son más económicas.

Presentan una competitiva relación entre producción de energía/costo y se ha dicho que estas tecnología pueda llegar a sustituir a los combustibles fósiles en la producción de energía.

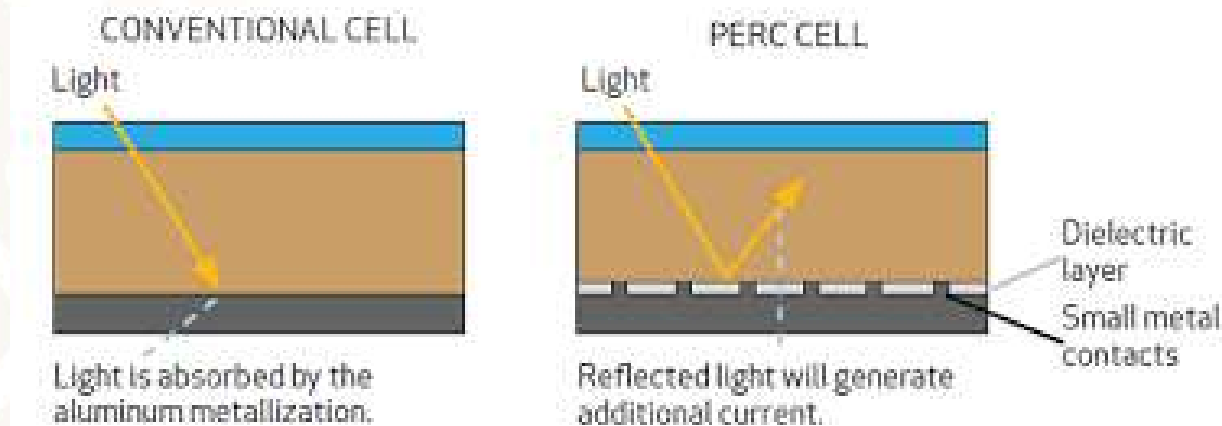
Los módulos CIS y CIGS se caracterizan por absorber un espectro ancho de energía y garantizan máxima energía bajo condiciones desfavorables.

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Tecnologías fotovoltaicas (PERC)

La tecnología PERC (***Passivated Emitter Rear Cell***) introduce en sus células fotovoltaicas una lámina adicional. Esta capa extra es reflectante, de manera que es capaz de evitar que los electrones de luz infrarroja penetren hasta la capa inferior de aluminio, donde se absorberían. En su lugar, la capa PERC los rebota hacia las capas superiores, generando mayor cantidad de electricidad y, en consecuencia, mayor potencia. La eficiencia de estas células puede llegar a 21%.



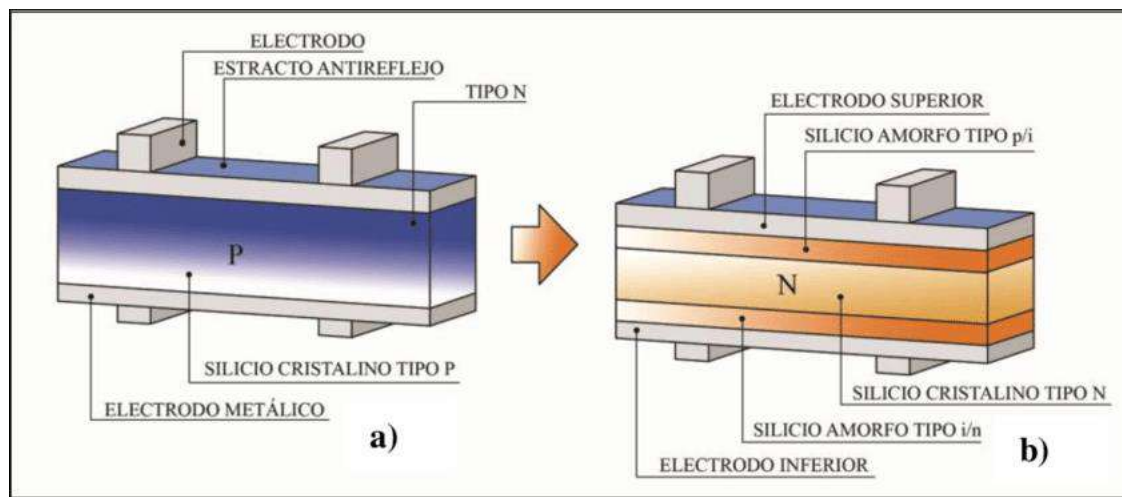
Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Tecnologías fotovoltaicas (HIT)

HIT proviene de los términos ingleses Heterojunction with Intrinsic Thin-layer. Son células compuestas de tres extractos de silicio: uno de silicio monocristalino tipo n y de dos delgados extractos de silicio amorfo (uno tipo p y el otro tipo n), con lo que se logra captar radiación en una gama más amplia de longitudes de onda.

Otra ventaja de las células tipo HIT es que su coeficiente de degradación por temperatura es menor que el de las células de silicio cristalino.



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

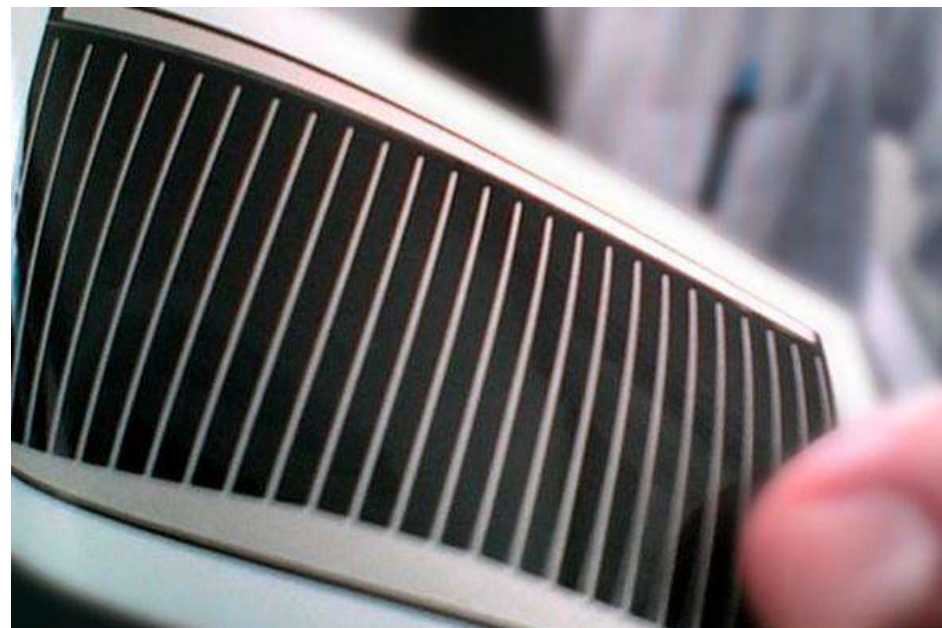


Tecnologías fotovoltaicas (Celdas solares orgánicas)

Las celdas solares orgánicas están compuestas por una o más capas de moléculas de origen orgánico.

Existen tres tipos de celdas solares orgánicas (OPV, por sus siglas en inglés): moleculares, de polímeros orgánicos e híbridas, siendo las basadas en polímeros orgánicos semiconductores las más empleadas.

La eficiencia energética que alcanzan (11%) aún no llega a la eficiencia conseguida con celdas de silicio cristalino.



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Tecnologías fotovoltaicas

Ventajas de la celdas solares orgánicas)

- Pueden adaptarse a cualquier superficie, debido a que son flexibles.
- Son menos frágiles, lo que facilita su mantenimiento.
- Son ecológicas porque son biodegradables y sus residuos no suponen tanto impacto como las celdas de silicio.
- Su instalación y transporte es sencilla, ya que son ligeras.
- Son más sensibles a la luz difusa e indirecta, de forma que es posible obtener mayor número horas de aprovechamiento al cabo del año.
- Pueden funcionar en soportes transparentes, lo que las hace ideales para instalarlas en ventanas de edificios o de coches solares.
- Las materias primas y el proceso de fabricación son mucho más económicos.

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

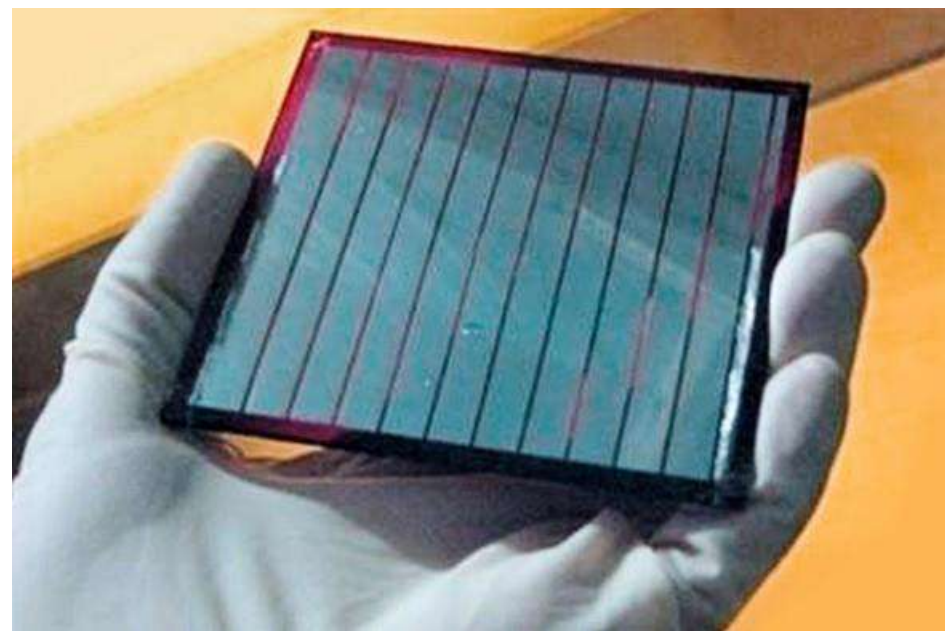


Tecnologías fotovoltaicas

Desventajas de la celdas solares orgánicas)

- Son rápidamente degradables.
- Tienen poca estabilidad.

La solución está en evitar que el oxígeno y el agua degraden la vida útil de los materiales orgánicos.



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

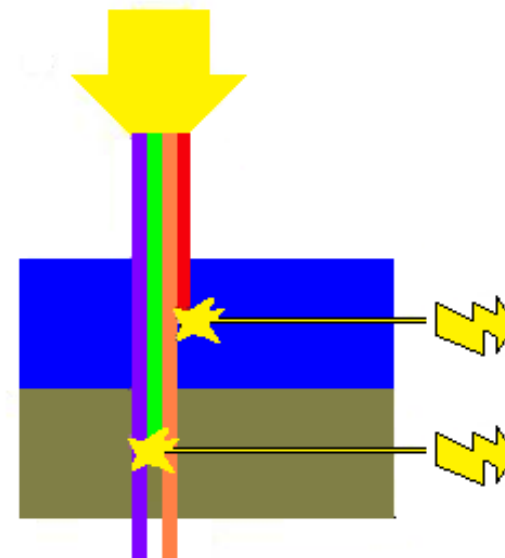


Tecnologías fotovoltaicas (Celdas solares tipo Tándem)

Los llamados paneles Tándem son aquellos que combinan dos tipos de materiales semiconductores distintos. Esta superposición de células amplía la sensibilidad de longitudes de onda y mejora el rendimiento, debido a que cada tipo de material aprovecha una parte del espectro electromagnético de la radiación solar, mediante la combinación de dos o tres tipos de materiales es posible aprovechar una mayor parte del mismo.

Las celdas más comunes de este tipo, además de una capa de silicio, se componen de una capa adicional de dióxido de titanio, aunque actualmente se están estudiando otros materiales.

Con este tipo de paneles se ha llegado a lograr rendimientos en laboratorio del 35%. Teóricamente con uniones de 3 materiales podría llegarse hasta rendimientos del 50%.



Fuentes Alternas de Energía

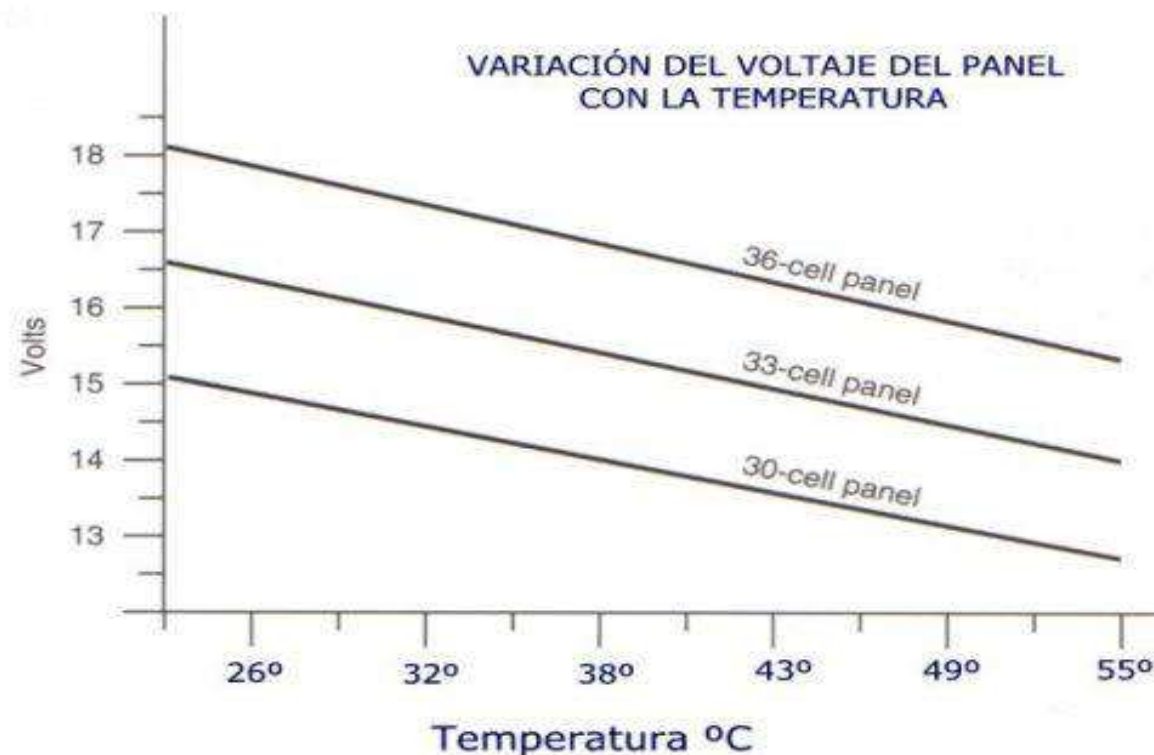
Energía Solar



Efectos de la temperatura

Las células solares pierden eficacia de voltaje cuando su temperatura aumenta. Por cada aumento de 6°C , el rendimiento disminuye aproximadamente un 3%. No es extraño que un panel solar de silicio cristalino alcance en verano temperaturas superiores a los 50°C , provocando una reducción del voltaje de un 15%.

Si se han de instalar paneles solares fotovoltaicos en zonas donde la temperatura ambiente es elevada, se recomienda que estos sean de un mayor número de células.



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Tensión de Operación

Las células solares producen alrededor de 0.4 Volts de tensión, por lo que un panel de 30 células producirá 12 Volts.

Los paneles solares se suelen producir en arreglos de 30, 33 y 36 células.

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Configuración

- Suministro directo: servicio reducido a las horas de sol
- Suministro de tensión diferente a la generada
- Suministro en corriente alterna
- Suministro en corriente continua, mediante acumulador
- Suministro en corriente continua y alterna con acumulador
- Suministro en corriente continua de tensión diferente a la generada y en alterna
- Suministro en corriente continua de tensión diferente a la generada
- Suministro en corriente alterna

Aplicación

Utilización

Tensión y potencia

- Instalaciones de uso doméstico
- Instalaciones de uso público
- Instalaciones de uso industrial
- Instalaciones de uso recreativo
- **Instalación tipo A:** tensión de trabajo < 440 V (alterna o continua) y potencia < 16 kVA
- **Instalación tipo B:** tensión de trabajo > 440 V (alterna o continua) y potencia < 10 kVA

- Instalaciones electrificación de vivienda y locales.
- Electrificación centralizada de grupos de viviendas
- Electrificación de explotaciones agrícolas y ganaderas.
- Instalaciones para iluminación de naves y accionamiento de equipos en CC y en CA, para uso agrícola y ganadero
- Instalaciones para uso exclusivo de bombeo de agua
- Instalaciones de uso exclusivo de bombeo de agua, que no requieren de acumulador eléctrico. (Bombeo de agua de pozos y de ríos a las aldeas para consumo doméstico y para la irrigación de los cultivos)
- Instalaciones para iluminación de exteriores.
- Instalaciones para señalización
- Instalaciones para telecomunicaciones.
- Instalaciones de telemetría y telecontrol.
- Instalaciones para aplicaciones industriales.
- Instalaciones recreativas

Clasificación
de los
sistemas
fotovoltaicos

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Configuración de las instalaciones



Sistemas aislados o en Isla.- Sistemas autónomos sin conexión a la red eléctrica. Instalaciones domésticas en zonas rurales, iluminación de áreas aisladas y carreteras, sistemas de telecomunicación, sistemas de bombeo de agua, pequeños sistemas autónomos

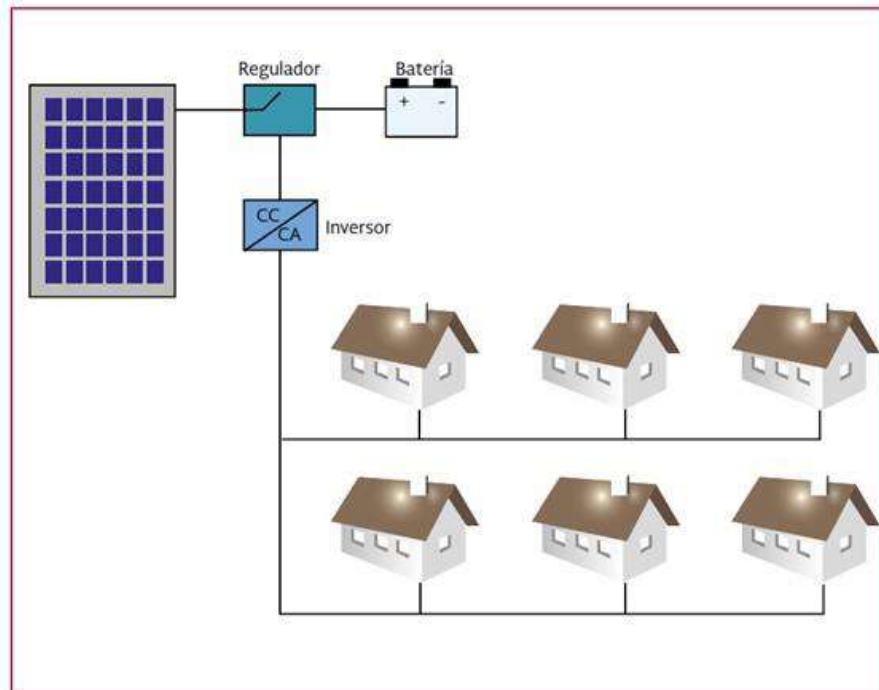
Sistemas conectados a la red eléctrica.- Este tipo de instalaciones se realiza con la intención de producir energía eléctrica para verterlo directamente a una red general de distribución y tomar la energía de la red en el momento que se requiera. Instalación modular, independiente de la electricidad que se prevé consumir, sin riesgo de quedarse sin corriente eléctrica por agotamiento o avería de las baterías.

Sistemas híbridos.- Se emplea más de un medio para obtener energía. La instalación fotovoltaica comparte la acción generadora con otra fuente de energía: viento, hidráulica, generador acoplado a un motor alimentado con gas natural, gasolina...

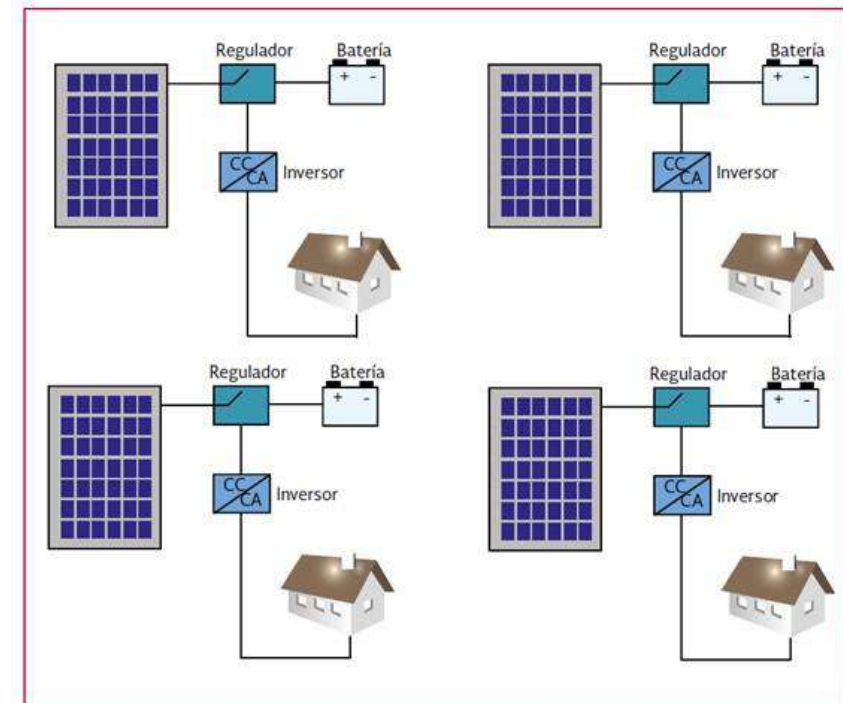
Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Sistemas aislados



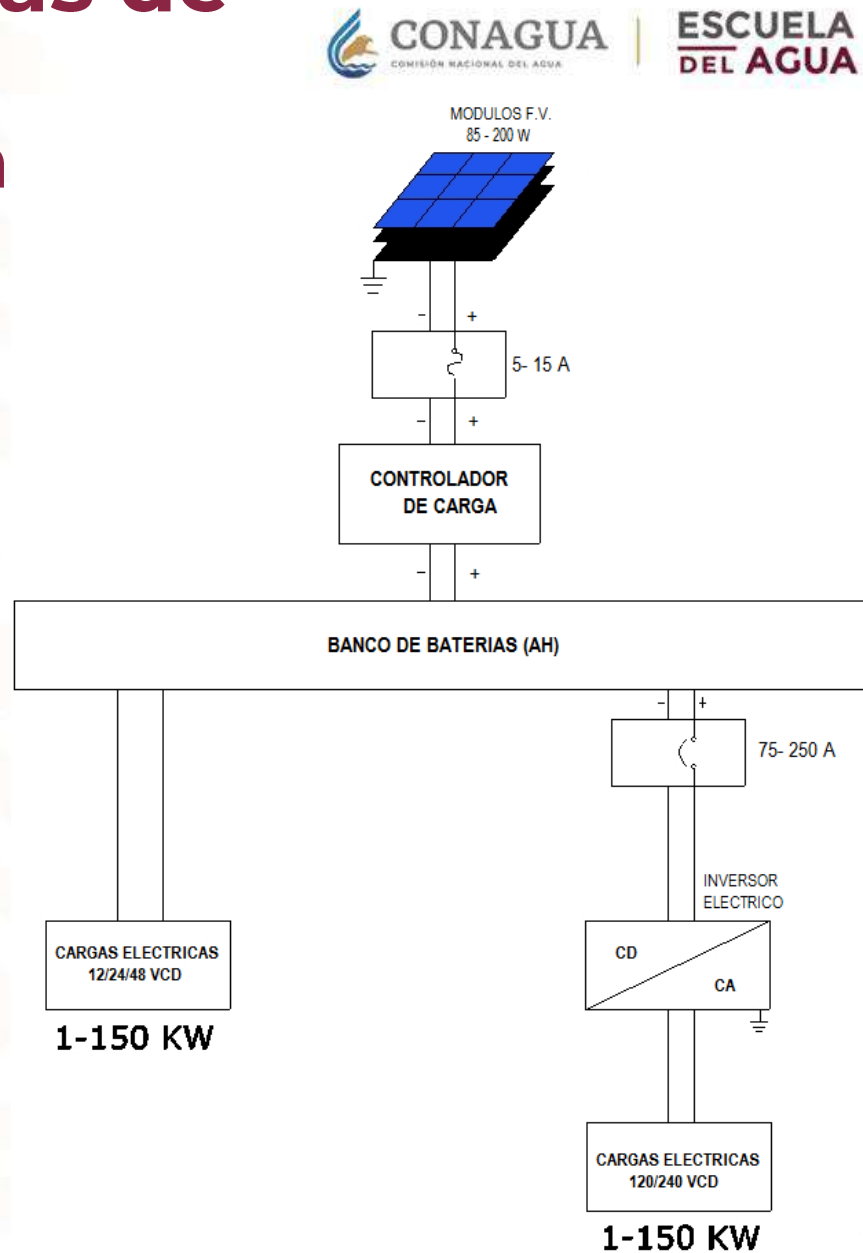
Sistema descentralizado



Instalación descentralizada

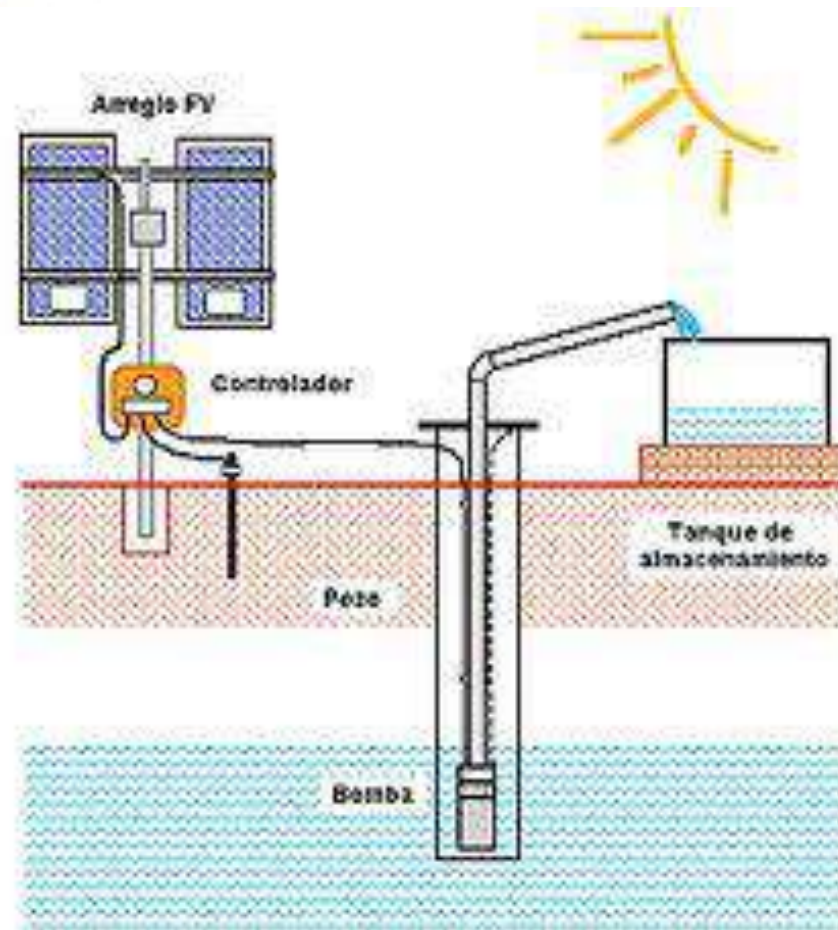
Fuentes Alternas de Energía Energía Sola

Sistemas aislados



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

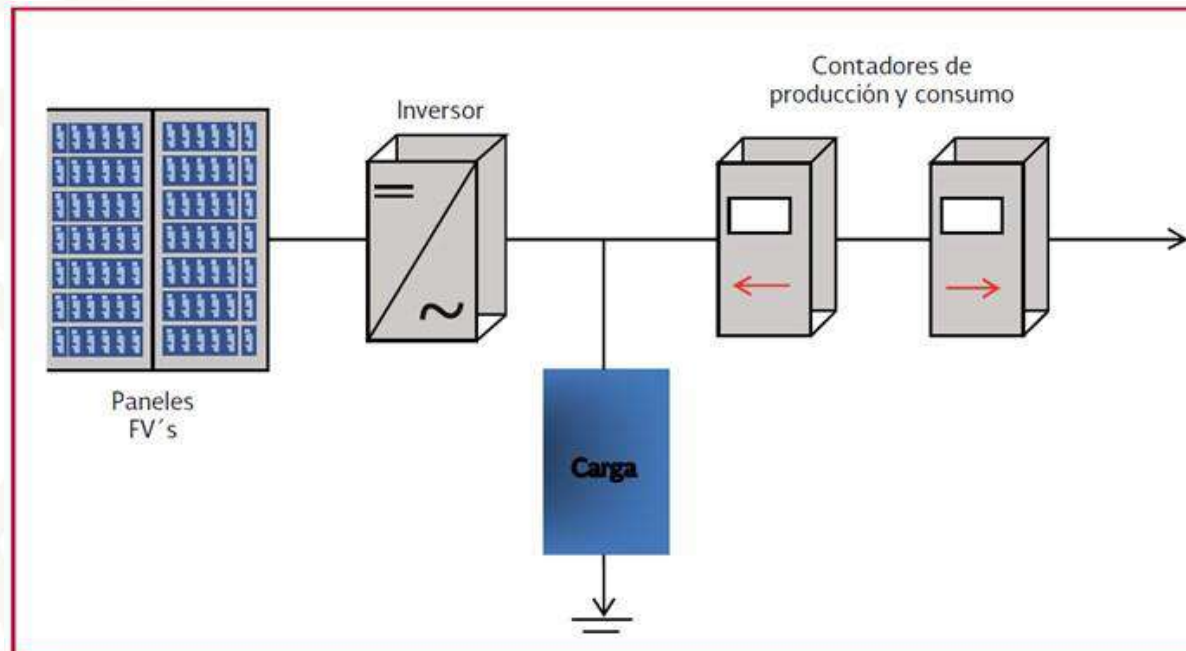
Sistemas aislados



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Sistemas conectados a la red eléctrica

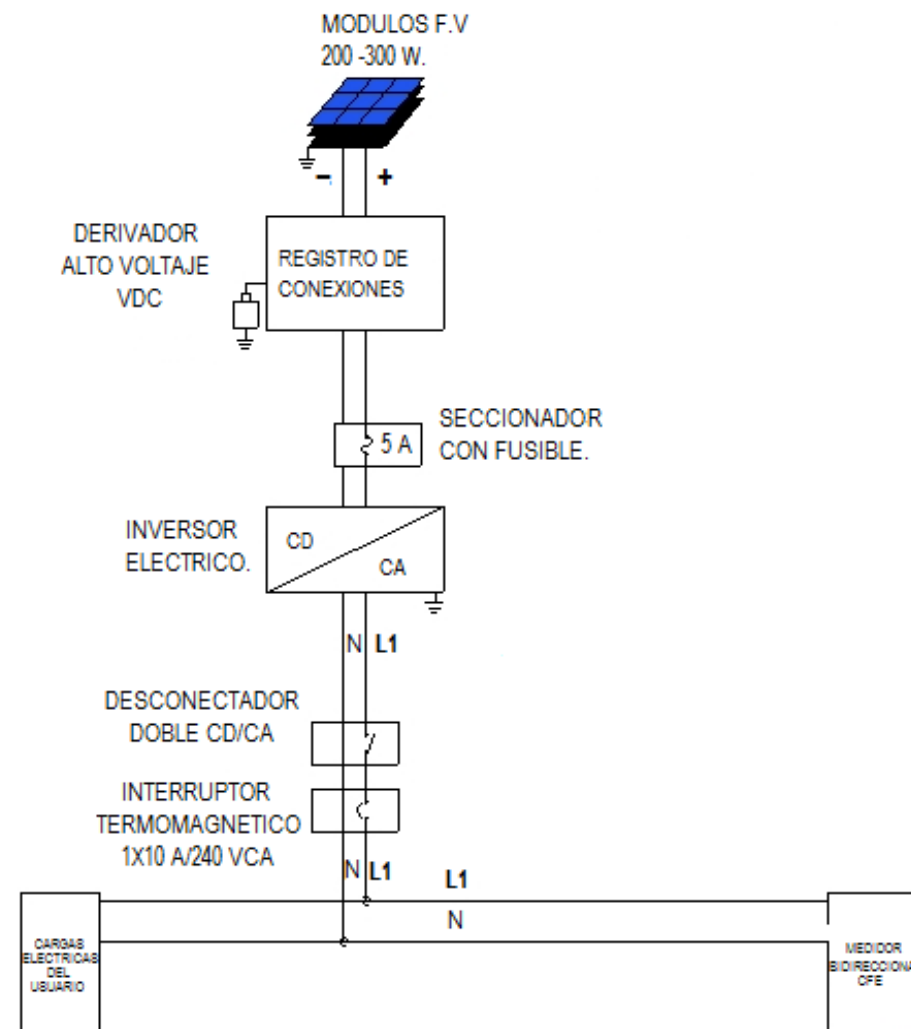


Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Sistemas conectados a la red eléctrica

SISTEMA
FOTOVOLTAICO
CONECTADO A LA RED
(Monofásico 240 VCA)

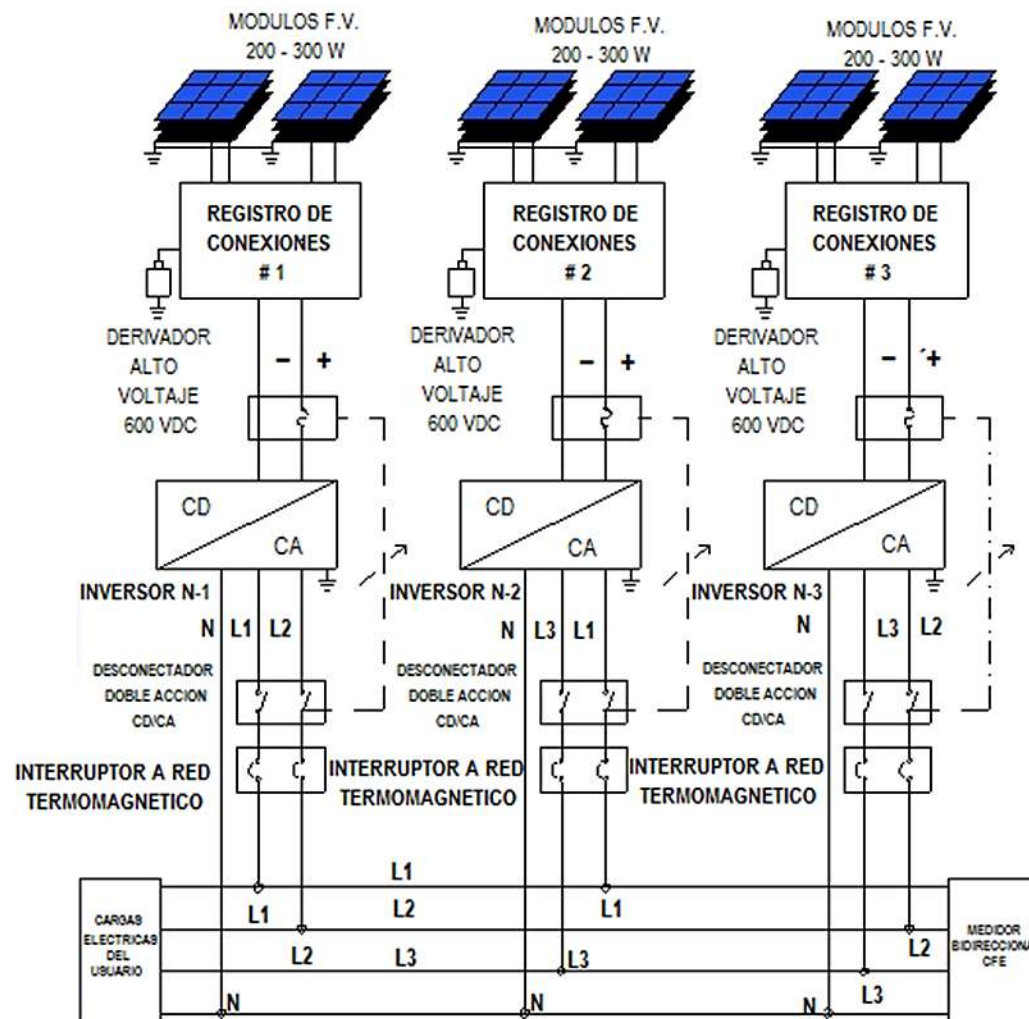


Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Sistemas conectados a la red eléctrica

SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED (Trifásico 240 VCA)

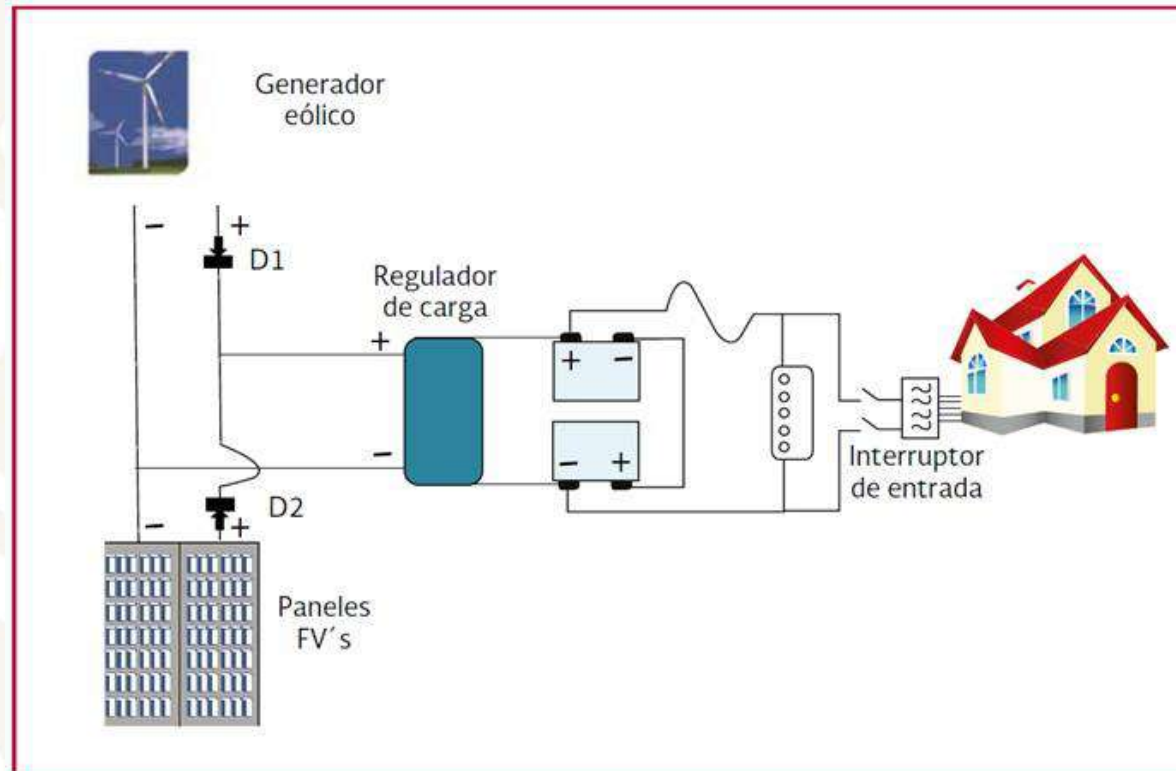


1-1000 KW

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Sistemas híbridos



Sistema híbrido con dos fuentes en paralelo

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Instalación del Sistema Fotovoltaico

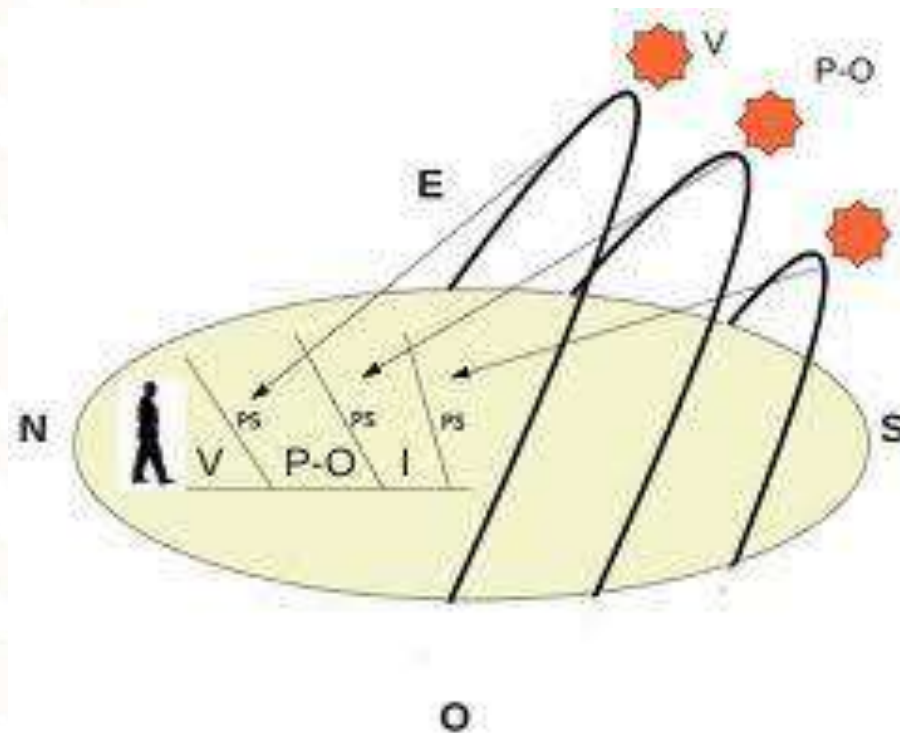
Un panel solar genera electricidad incluso en ausencia de luz solar directa. Por ende, un sistema solar generará energía aun con cielo nublado. Sin embargo, las condiciones óptimas de operación implican: la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el sol, con el fin de 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.

Por lo tanto, en la práctica, los paneles solares deberán ser colocados en ángulo con el plano horizontal (inclinados). Cerca del ecuador, el panel solar deberá colocarse ligeramente inclinado (casi horizontal) para permitir que la lluvia limpie el polvo.

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

1er Paso: Orientación e Inclinación



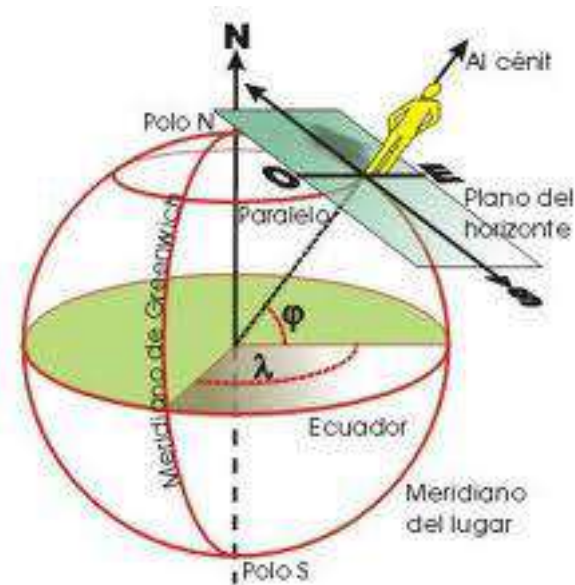
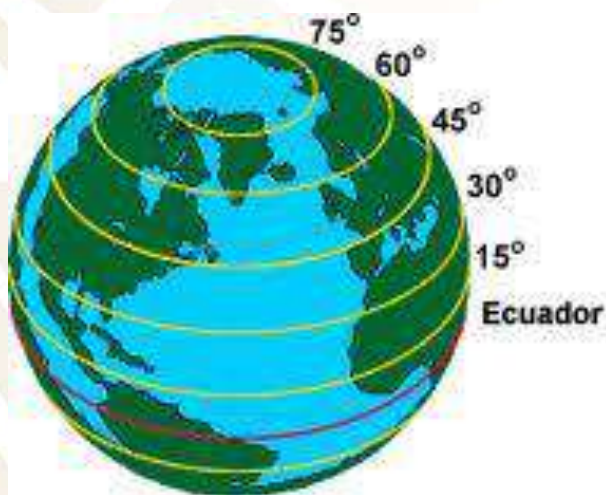
Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

1er Paso: Orientación e Inclinación

El ángulo de inclinación del paneles solar debe ser igual a la latitud del lugar de instalación



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico



2º Paso: Tendido de la estructura de soporte

La estructura que dará soporte a los paneles solares, se debe orientar al sur (en el hemisferio norte) y al norte (en el hemisferio sur).

La inclinación debe ser la indicada para el sitio de instalación.

Muy importante es evitar que se produzcan sombras sobre los paneles.

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico



2º Paso: Tendido de la estructura de soporte

Ojo con la temperatura:

La radiación produce un incremento en la temperatura de las células solares, y el incremento en la temperatura produce caída de tensión, por lo que es muy importante asegurar que los paneles solares cuenten con una buena ventilación. Esto debe tomarse en cuenta desde el tendido de la estructura.

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Instalación del Sistema Fotovoltaico

2º Paso: Tendido de la estructura de soporte

La estructura debe estar firmemente sujeta al piso o elemento arquitectónico donde se vaya a montar, no solo para soportar el peso de los paneles, sino también el efecto del viento

La estructura debe tener todos los preparativos para sujetar los paneles y alojar a las instalaciones eléctricas.



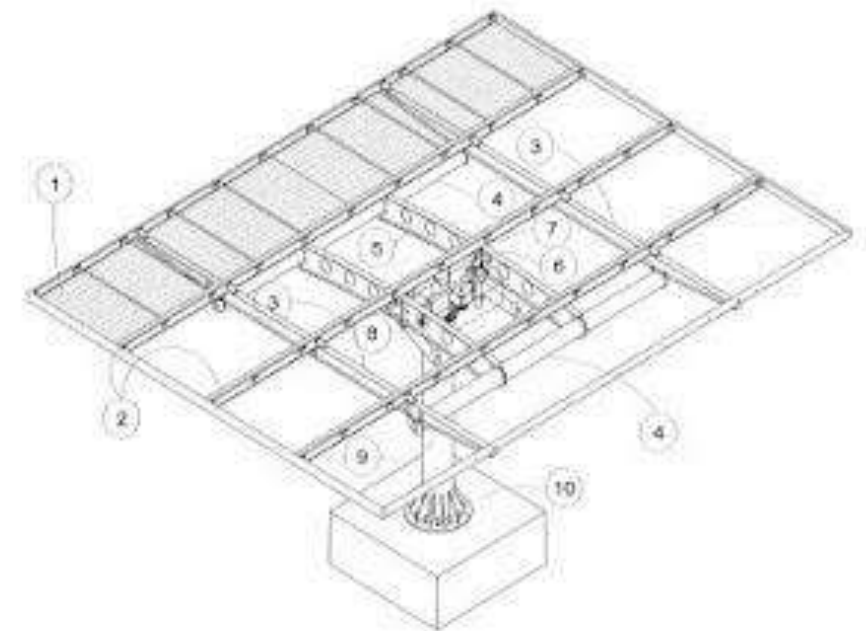
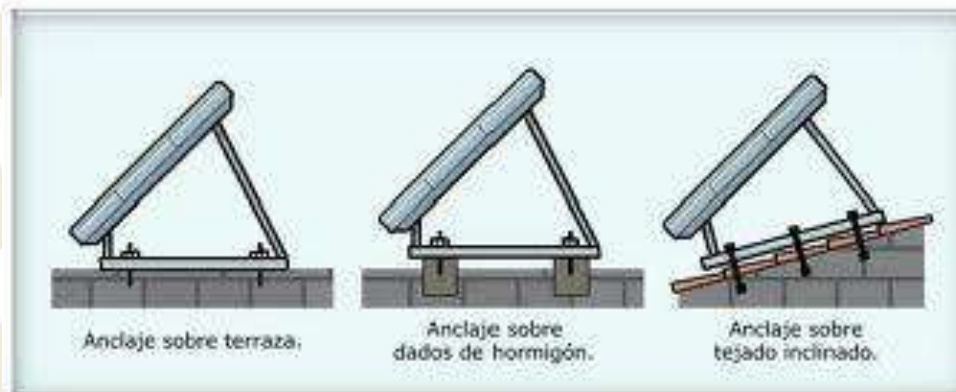
Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Instalación del Sistema Fotovoltaico

2º Paso: Tendido de la estructura de soporte



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

3er Paso: Instalación de los paneles



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico



4º Paso: Cableado de los paneles

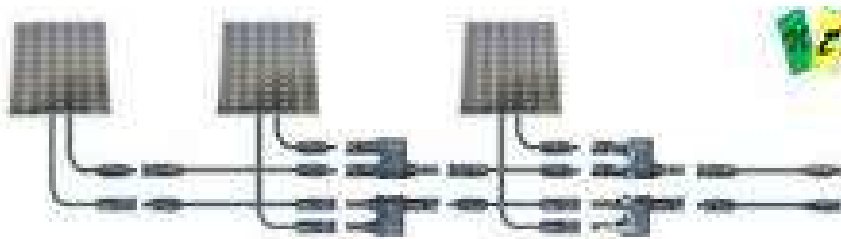
Los paneles solares requieren de conectores y cables especiales para su interconexión. Los conectores deben ser seguros y resistentes al agua. Los cables, así como los conectores, deben ser resistentes a rayos UV.

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

4º Paso: Cableado de los paneles



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Instalación del Sistema Fotovoltaico

5º Paso: Instalación del inversor

En el corazón del sistema de generación fotovoltaica, actuando como un administrador de energía, se encuentra el inversor



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

5º Paso: Instalación del inversor



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

Especificación para la Interconexión a la red eléctrica de baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta 30 kW



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04



OBJETIVO

1. Definir los Requerimientos para el diseño e instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados con la red eléctrica
2. Garantizar la seguridad del personal
3. Garantizar la calidad de la energía en la red.
4. Garantizar la integridad física y operacional de la red eléctrica y de los sistemas fotovoltaicos.

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

CAMPO DE APLICACIÓN

Interconexión a la red eléctrica de baja tensión de SFV con capacidad hasta 30 kW, los cuales pueden estar instalados en viviendas individuales, inmuebles comerciales, escuelas y edificios públicos.

La especificación considera únicamente SFVI que utilizan inversores estáticos (estado sólido) para la conversión de corriente directa (CD) a corriente alterna (CA)

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

PUNTO DE INTERCONEXIÓN

El SFVI debe conectarse del lado de la carga, preferentemente al interruptor general de servicio del inmueble.

El interruptor proporciona un medio manual de desconexión accesible al personal de la CFE.

Es indispensable contar con medios que permitan seccionar el sistema, para des-energizar los equipos que lo conforman y para evitar energizar la red de CFE.

Fuentes Alternas de Energía

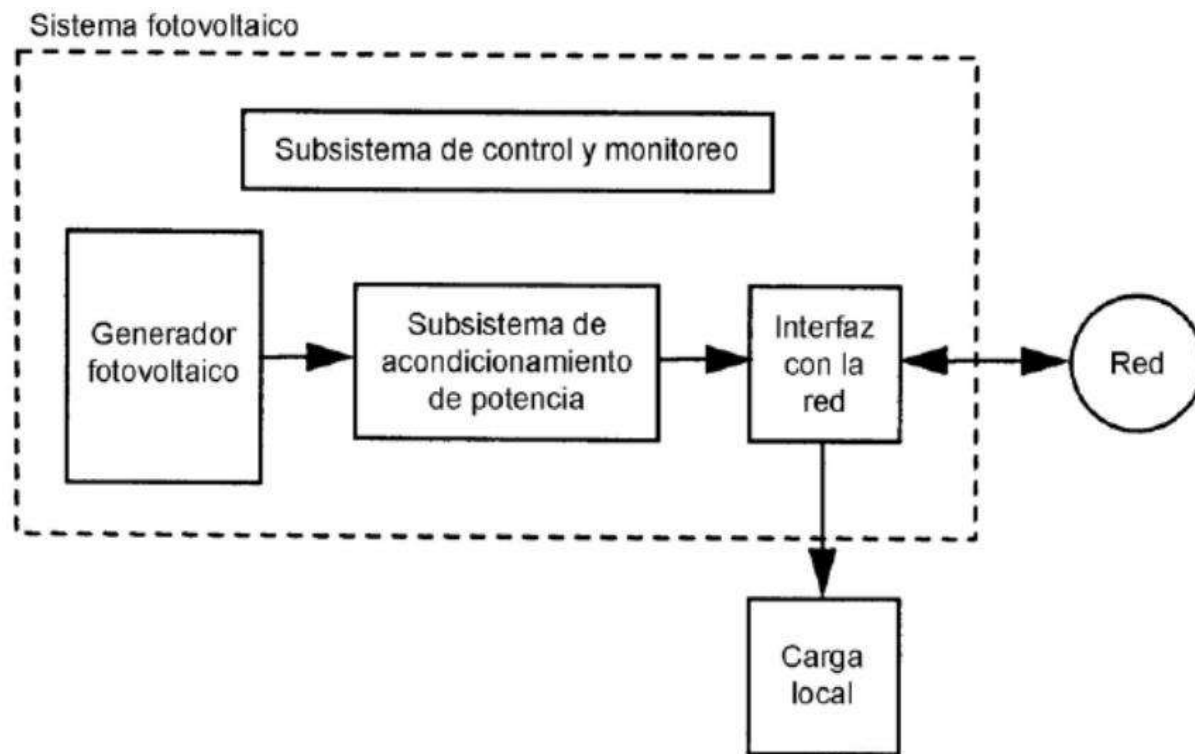
Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red

ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

PUNTO DE INTERCONEXIÓN



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

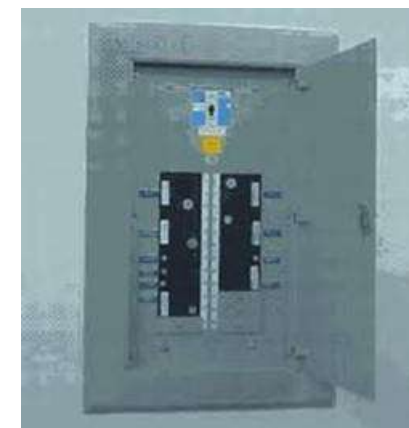
Instalación del Sistema Fotovoltaico



6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

INTERRUPTOR A LA SALIDA DEL INVERSOR

El interruptor a la salida del inversor debe ser termomagnético o de fusibles que permita la desconexión del SFV de la red y la carga local. La calibración del dispositivo de sobre-corriente se determina en función de la potencia máxima de salida del inversor.



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

INTERRUPTOR GENERAL DE SERVICIO DEL INMUEBLE

Interruptor de servicio para la acometida eléctrica en el inmueble, propiedad del usuario, debe estar accesible al personal de la CFE.

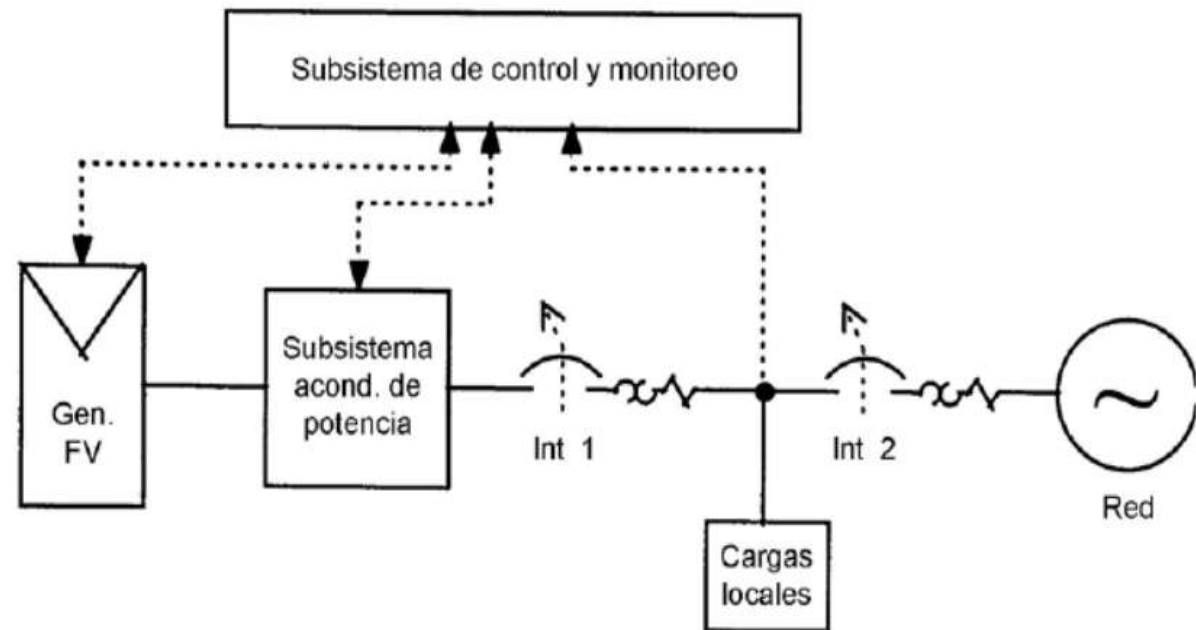


Fuentes Alternas de Energía Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

Sub-Sistema de Control y Monitoreo



Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar

Instalación del Sistema Fotovoltaico

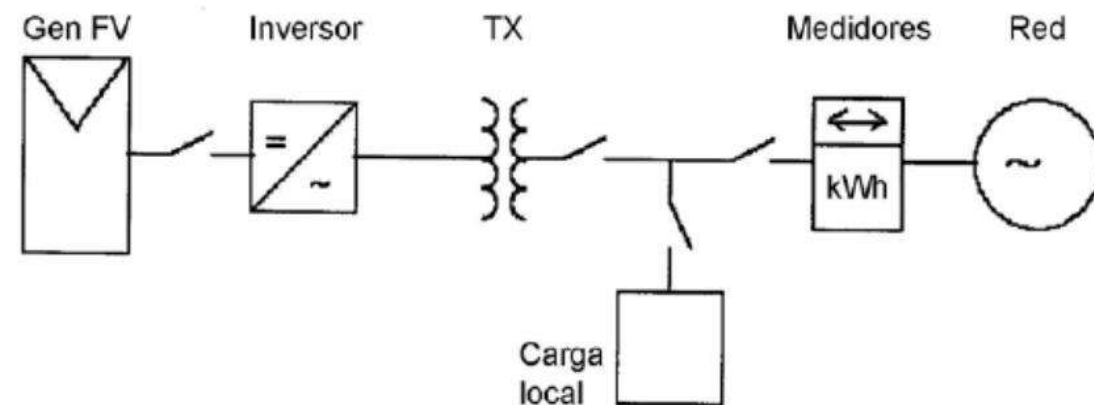


6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

MEDICIÓN

Es necesario contabilizar de manera separada la energía entregada a la carga por la red de CFE, y la recibida por el suministrador debido a un excedente en la generación FV.

Esta registración se realiza mediante un medidor de estado sólido bidireccional.



Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

CALIDAD

La CFE verificará periódicamente la calidad de la energía eléctrica en la acometida del inmueble para corroborar que los límites de operación de la red indicados en esta especificación no se vean superados; esto con la finalidad de garantizar la calidad del suministro eléctrico. En caso de identificar desviaciones en la calidad de la energía, la CFE determinará su origen y en consecuencia tomará las medidas correctivas que procedan.

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Instalación del Sistema Fotovoltaico

6º Paso: Interconexión a la red ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04

CALIDAD. (Código de Red)

Asimismo, es responsabilidad del propietario del SFVI mantener las desviaciones originadas por el sistema de generación fotovoltaica dentro de los límites establecidos

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Metodología de cálculo

Paso 1.- Determinar el tipo de sistema que se instalará y el área disponible de captación

Paso 2.- Calcular la cantidad de energía que deberá generara el sistema fotovoltaico

Paso 3.- Calculo del amperaje que se deberá producir

Paso 4.- Seleccionar el tipo de paneles que se usarán (tecnología y capacidad), así como las características de inversor y si fuera el caso de las baterías.

Paso 5.- Calcular el número de paneles que se requerirán, así como el área requerida para la instalación

Paso 6.- Si el sistema estará en isla, calcular el número de baterías que se requerirán

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Ejemplo de cálculo

Se pide calcular el sistema de generación solar fotovoltaica, para una planta de tratamiento de aguas residuales, cuya demanda es de 440 kW.

En la tabla siguiente se presenta el detalle del consumo de energía diario por equipo y el total.



Ejemplo de cálculo



Sistema	Equipo	Cant.	Capacidad (HP)	Potencia demandada (kW)	Operación (h/día)	Consumo (kWh/día)
Pretratamiento y sedimentación primaria	Rejillas mecánicas	2	1	0.8	3	4.6
	Desarenador canchilones	3	2	1.5	12	54.7
	Cárcamo de bombeo agua cruda	4	50	38.0	6	912.0
	Rastras del sedimentador primario	2	1.5	1.1	12	27.4
Lodos activados y desinfección	Sopladores	3	100	76.0	16	3,648.0
	Rastras del sedimentador secundario	2	1.5	1.1	12	27.4
	Bombeo recirculación	3	30	22.8	8	547.2
	Desinfección UV	1	36.9	28.0	24	673.1
Tratamiento de lodos	Rastras de espesador	2	1.5	1.1	12	27.4
	Sopladores de digestor	3	100	76.0	16	3,648.0
	Bombeo a filtro prensa	2	7.5	5.7	12	136.8
	Motor filtro prensa	2	3	2.3	4	18.2
	Motor banda transportadora y tolva	2	1.5	1.1	8	18.2
Otras cargas	Oficinas y laboratorio	1		2.2	10	22.0
	Iluminación exterior	16		0.18	12	2.2
Total						9,767.1

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Ejemplo de cálculo

Paso 1.- Determinar el tipo de sistema que se instalará y el área disponible de captación:

El sistema seleccionado tiene las siguiente características:

- Sistema en isla
- Autonomía de las baterías = 3 días sin carga
- Capacidad de las baterías 1,600 Ah
- Voltaje de las baterías: 48 Volts
- Factor de profundidad de descarga de las baterías 0.8
- Área disponible para la instalación = 45,000 m²

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Ejemplo de cálculo

Paso 2.- Calcular la cantidad de energía que deberá generara el sistema fotovoltaico:

- Carga total diaria: 9,767,100 W-h/día
- Factor de sobrecarga: 1.3
- Carga diaria requerida: 12,687,230 W-h/día

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Ejemplo de cálculo

Paso 3.- Cálculo del amperaje que se deberá producir:

- Carga diaria a generar: $E = 12,687,230 \text{ W-h/día}$
- Tensión de trabajo: $V = 48 \text{ Volts}$
- Carga diaria en corriente a generar: $I_c = E/V = 264,525.6 \text{ A-h/día}$
- Promedio de horas de sol al día: $h_s = 5.2 \text{ h/día}$
- Amperaje que el sistema producirá: $I = I_c / h_s = 50,870.31 \text{ amperios}$

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Ejemplo de cálculo

Paso 4.- Seleccionar el tipo de paneles que se usarán (tecnología y capacidad).

- Panel de silicio monocristalino
- Potencia pico: 320 Wp
- Dimensiones: ancho = 992 cm; largo = 1.96 cm; alto = 5 cm

Fuentes Alternas de Energía

Energía Solar



Ejemplo de cálculo

Paso 5.- Calcular el número de paneles que se requerirán:

$$\text{Número de paneles} = \frac{E}{P_p \times h_s} = \frac{12,687,230}{320 \times 5.2} = 7,625$$

Se requieren instalar 7,625 paneles

Área requerida:

Para una instalación en piso, se recomienda 2.5 m² por panel, incluidas las áreas para pasillo de servicio.

Área requerida = 19,062 m²

Fuentes Alternas de Energía Energía Solar



Ejemplo de cálculo

Paso 6.- Calcular el número de baterías que se requerirán:

- Carga diaria requerida: $E_r = 9,767,100 \text{ W-h/día}$
- Tensión de trabajo: $V = 48 \text{ Volts}$
- Carga diaria requerida en corriente: $I = E_r/V = 203,481 \text{ A-h / día}$
- Días de reserva requeridos: 3 días
- Carga nominal del banco de baterías: $C_n = I * 3 = 610,443 \text{ A-h}$
- Factor de profundidad de descarga: $\text{fpd} = 0.8$
- Capacidad corregida del banco de baterías: $C_c = C_n / \text{fpd} = 763,054 \text{ A-h}$
- Capacidad nominal de las baterías: $C_u = 1,600 \text{ A-h}$
- Número de baterías requeridas: $N = C_c / C_u = 477 \text{ baterías}$