

Energía verde

Santiago Silvestre; Jordi Salazar.

Annotation

Este curso describe tecnologías, aplicaciones y conceptos básicos relacionados con las fuentes más relevantes de energías renovables.

Objectives

Tras este curso sobre Energía Verde, el alumno obtendrá conocimientos sobre las principales características y aplicaciones de las fuentes más relevantes de energías renovables como las energías hidroeléctricas, eólicas y geotérmicas, la biomasa y la energía solar fotovoltaica.

Keywords

Energía hidroeléctrica, Energía eólica, Fotovoltaica, Tecnologías del hidrógeno, Biomasa, Energía geotérmica.

Date of Creation

06.12.2021

Duration

10 horas

Language

English

License

[Creative Commons BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

ISBN

Literature

- [1] E. D. Coyle, B. Basu, J. Blackledge and W. Grimson. *Harnessing Nature: Wind, Hydro, Wave, Tidal and Geothermal Energy*. Purdue University Press, 2014.
<https://www.jstor.org/stable/j.ctt6wq56p.9>
- [1] Kumar, A., T. Schei, A. Ahenkorah, R. Caceres Rodriguez, J.-M. Devernay, M. Freitas, D. Hall, Å. Killingtveit, Z. Liu, 2011: Hydropower. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [2] Hydro Power Basics. Energypedia: Hydro Portal. <https://energypedia.info/wiki/Portal:Hydro>
- [3] A. M. Bagher, M. Vahid, M. Mohsen and D. Parvin. *Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages*, American journal of energy Science, pp. 17-20, 2015
- [4] BizVibe. *Hydropower Generation Industry: Top 20 Hydropower Producing Countries in the World 2020*. <https://blog.bizvibe.com/blog/uncategorized/top-hydropower-producing-countries>
- [5] European Commission. *An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future*, Brussels 2020. [COM\(2020\)741 - EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/com_m20_20)
- [6] O. Planas, *What Is a Wind Turbine? Types and Characteristics*, 2019. <https://solar-energy.technology/renewable-energy/wind-power/wind-turbines#horizontal-axis-wind-generator>
- [7] D. Clayton, *Types of Wind Turbines: HAWT, VAWT and More Explained*, 2021. <https://energyfollower.com/types-of-wind-turbines/>
- [8] J. Unwin and M. Farmer, *The top 10 countries with the largest wind energy capacity in 2021*. Power Technology, 2021. <https://www.power-technology.com/features/wind-energy-by-country/>
- [9] A. Einstein. *On a Heuristic Point of View about the Creation and Conversion of Light*. *Annalen der Physik* 17 (1905): 132-148.
- [10] P. Bouguer. *Essai d'optique, sur la gradation de la lumiere*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1921. Collection "Les Maîtres de la Pensée scientifique".
- [11] Luis Castañer and Santiago Silvestre. *Modelling photovoltaic systems using pspice*. Wiltshire, Wiley, 2002.
- [12] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems: *Photovoltaics Report*. Freiburg, 2021. [Photovoltaics Report \(fraunhofer.de\)](https://www.fraunhofer.de/en/press-releases/2021/01/photovoltaics-report)
- [13] International Energy Agency Report: *IEA-PVPS T1-39:2021. Strategic PV Analysis and Outreach*, 2021. [Snapshot of Global PV Markets - 2020 \(iea-pvps.org\)](https://www.iea-pvps.org/publications/2021/01/snapshot-of-global-pv-markets-2020)
- [14] Green, Martin, et al. *Solar cell efficiency tables (version 57)*. *Progress in photovoltaics: research and applications* 29.1 (2021): 3-15.

- [15] Juan Ramón Morante, Teresa Andreu, Gotzon García, Jordi Guilera, Albert Tarancón, Marc Torrell. Hydrogen The energy vector of a decarbonised economy. Barcelona, IREC & Fundación Naturgy. 2020.
- [16] European Commission. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. Brussels, 2020. [Communication COM/2020/301: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe | Knowledge for policy \(europa.eu\)](#)
- [17] European Commission, On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, 2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009L0028>
- [18] R. Singh, A. Prakash, B. Balagurumurthy, T. Bhaskar, Chapter 10. Hydrothermal Liquefaction of Biomass, Recent Advances in Thermo-Chemical Conversion of Biomass, pp. 269-291, 2015. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63289-0.00010-7>
- [19] Green Square, Advantages and disadvantages of Biomass energy, October, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63289-0.00010-7>
- [20] EPA website, A student's guide to Global Climate Change, Geothermal Energy, 2017. <https://archive.epa.gov/climatechange/kids/solutions/technologies/geothermal.html>
- [21] TWI Ltd., What is geothermal energy? How does it work?, <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/geothermal-energy>
- [22] ThinkGeoEnergy, "Top 10 Geothermal Countries 2020 – installed power generation capacity", <https://www.thinkgeoenergy.com/thinkgeoenergys-top-10-geothermal-countries-2020-installed-power-generation-capacity-mwe/>

CHAPTER 1

Introducción

La principal fuente de energía antes del siglo XIX era la madera. El uso del carbón como fuente de energía comenzó con la Primera Revolución Industrial y fue reemplazado por el petróleo y el gas en la Segunda. Hoy en día, los principales combustibles fósiles que coexisten junto con la nuclear son las principales fuentes de energía utilizadas en todo el mundo.

La energía nuclear presenta claros problemas asociados al almacenamiento y reciclaje de los residuos que produce. Además, los recientes accidentes en este tipo de centrales nucleares han puesto de manifiesto el peligro potencial que supone.

Por otro lado, los combustibles fósiles son los principales responsables del calentamiento global y el cambio climático.

La demanda de energía sigue creciendo en todo el mundo y esta tendencia continuará en el futuro. Sin embargo, es necesario cambiar las formas de producción de energía, tratando de evitar el uso masivo de combustibles fósiles para reducir el efecto invernadero y detener el cambio climático.

DEFINITION

La energía verde es cualquier tipo de energía que proviene de fuentes de energía renovables. Se genera a partir de recursos naturales, como la luz solar, el viento o el agua.

Hoy en día solo el 27,3% de la generación eléctrica proviene de fuentes de energía renovables, como se puede ver en la Tabla 1, mientras que el otro 72,7% se logra mediante fuentes de generación eléctrica no renovables.

Table 1. Participación renovable estimada en la producción mundial de electricidad (finales de 2019)

Renewable Energy	%
Eólica	5.9
Solar Fotovoltaica	2.8
Bio	2.2
Geotérmica, CSP y marina	0.4

En este contexto, las energías renovables o verdes deben jugar un papel importante en la generación de energía del futuro. La clave con los recursos de energía verde es que no dañan el medio ambiente a través de factores como la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Este curso describe las principales fuentes y tecnologías utilizadas en la generación de energía verde.

CHAPTER 2

Energía Hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es la principal fuente renovable del mundo, ya que la gran disponibilidad de agua permite obtener un alto rendimiento. Actualmente, cubre alrededor del 20% de la demanda mundial de electricidad. La energía hidroeléctrica tiene un papel importante que desempeñar en el futuro, ya que desempeña un papel importante en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

DEFINITION

La energía hidroeléctrica que se obtiene del uso de energías cinéticas y potenciales de la corriente de agua, cascadas o mareas, ya sea a través de molinos o presas.

La energía hidroeléctrica ha sido explotada durante siglos. Los agricultores desde los antiguos griegos han utilizado ruedas hidráulicas para moler el trigo en harina. Colocada en un río, una rueda hidráulica recoge el agua que fluye en cubos ubicados alrededor de la rueda. La energía cinética del río que fluye hace girar la rueda y se convierte en energía mecánica que hace funcionar el molino. [1]

DEFINITION

La energía hidroeléctrica es la energía eléctrica que se genera en una planta hidroeléctrica a partir de agua en movimiento, mediante el uso de agua que fluye o una cascada para impulsar una turbina y un generador de agua. El proceso de generación es altamente eficiente, pudiendo alcanzar niveles de eficiencia entre el 90 y el 95%.

La energía hidroeléctrica se caracteriza por ser una de las energías más rentables. La inversión inicial en la construcción de una central hidroeléctrica es alta. Sin embargo, los costos de mantenimiento para este tipo de infraestructura son bajos.

2.1 Tipos de plantas hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas suelen ubicarse lejos de los grandes centros de consumo y el lugar de su asentamiento está condicionado por las características del terreno.

DEFINITION

No todas las centrales hidroeléctricas son iguales. Algunas centrales hidroeléctricas utilizan presas y otras no. Dependiendo de su modo de funcionamiento, hay básicamente tres tipos predominantes: Almacenamiento, Corriente de río y Almacenamiento por bombeo [2].

Almacenamiento

Esta es la central hidroeléctrica más extendida. Son plantas grandes. Al construir una o más presas, se forman embalses que se utilizan para retener grandes cantidades de agua y, de esta manera, regular el flujo que pasa a través de las turbinas que generan electricidad. Esto permite que la producción de energía sea estable durante todo el año y satisfaga las necesidades eléctricas de cada momento.

Corriente de río

La mayoría de las pequeñas centrales hidroeléctricas se basan en el tipo de aprovechamiento de corrientes de río. Todos ellos se caracterizan por no tener una capacidad de almacenamiento de agua lo que hace que este tipo de plantas estén sujetas a caudales estacionales de los ríos. Para minimizar esto, las plantas generalmente se instalan en ríos con un flujo constante o con un gran embalse en la cabecera del río.

En estas plantas, el agua que fluye del río se desvía a un canal para hacer girar una turbina que genera electricidad. Posteriormente, el agua desviada se devuelve al río principal. La generación de electricidad depende de la velocidad del agua.

Almacenamiento de bombeo

Su funcionamiento es muy similar al de una gran batería recargable. La planta tiene dos reservorios a diferentes alturas y conectados entre sí. En épocas de bajo consumo eléctrico, el exceso de energía se utiliza para elevar el agua contenida en el depósito situado en el nivel más bajo hasta el depósito superior mediante una bomba hidráulica. En las horas de mayor demanda energética, la estación de bombeo funciona como una central hidroeléctrica de almacenamiento convencional.



Fig. 1. Tipos de plantas hidroeléctricas [2].

Las plantas hidroeléctricas también se pueden clasificar por tamaño de acuerdo con la potencia de salida, aunque no existe un consenso internacional para establecer el umbral de tamaño entre las centrales hidroeléctricas pequeñas y grandes. En algunos países, el umbral se establece en 30 MW, mientras que en otros se establece en 10 MW. La siguiente tabla muestra la clasificación habitual [3]:

Table 2. Clasificación de las centrales hidroeléctricas según la generación de energía

Tamaño de la planta	Potencia de salida
planta grande	Superior a 10-30 MW
planta pequeña	1 MW a 10-30 MW
Mini planta	100 kW a 1 MW
Micro planta	Inferior a 100 kW



Fig. 2. Planta hidroeléctrica de Mequinenza (Spain).

2.2 Ventajas y desventajas de la energía hidroeléctrica

Las siguientes son algunas ventajas del uso de la energía hidroeléctrica [4]:

ADVANTAGE

- **Flexibilidad.** Es posible adaptar el flujo de agua que pasa a través de las turbinas a las necesidades eléctricas de cada momento.
- **Energía limpia.** El proceso de generación de energía eléctrica es limpio, ya que no produce residuos, como ocurre con la energía derivada de combustibles fósiles o energía nuclear.
- **Seguridad.** Los riesgos de fugas de agua son bastante bajos, debido a las medidas de seguridad que se toman actualmente en las centrales hidroeléctricas.
- **Recurso inagotable.** La fuente de energía, el agua, es libre e inagotable ya que se renueva con las lluvias y los deshielos.
- **Fuente estable de energía.** La energía hidroeléctrica es muy estable a diferencia, por ejemplo, de la energía solar, que depende directamente de la situación del cielo. En otras palabras, la energía hidroeléctrica no depende de la lluvia todos los días para producir electricidad porque hay reservas de agua muy importantes.

También hay varios puntos negativos sobre este tipo de energía, tales como:

DISADVANTAGE

- **Efectos ambientales.** La construcción de una presa tiene importantes consecuencias ambientales, ya que influye en el curso de un río e inunda una zona de tierra, lo que produce efectos sobre la flora y la fauna. Por otro lado, cuando las presas se abren y cierran hay efectos sobre los peces y sobre el ecosistema fluvial.
- **Alto costo de una central hidroeléctrica.** A largo plazo, la energía hidroeléctrica es muy barata y el mantenimiento es simple, pero la construcción de una planta hidroeléctrica implica un alto costo.
- **Depende de las condiciones ambientales.** Es cierto que la energía hidroeléctrica no depende de la lluvia a diario. Sin embargo, la falta de lluvias afectará la producción de energía. Por lo tanto, las temporadas con muchas sequías reducen la cantidad de agua almacenada y la cantidad de electricidad que se puede producir.
- **Una presa no se puede construir en cualquier lugar.** Las características del terreno y la altura que puede tener la presa son esenciales para que se instale una central hidroeléctrica.

2.3 La energía hidroeléctrica en el mundo

El principal productor de energía hidroeléctrica en el mundo es China, con una capacidad instalada total de 356,4 GW, que también posee la planta hidroeléctrica más grande del mundo, la presa de las Tres Gargantas con una capacidad de 22,5 GW [5].

A China le sigue Brasil con una capacidad de 109,1 GW, seguido de cerca por Estados Unidos con una capacidad instalada de 102,8 GW. Una de las principales plantas en EEUU es la Grand Coulee con 6,81 GW de capacidad y ubicada en el río Columbia, Washington.

En la lista de los 10 principales países productores de energía hidroeléctrica del mundo en 2020, le sigue Canadá, 81,4 GW, India (50,1 GW), Japón y Rusia, ambos con 49,9 GW, Noruega (32,7 GW), Turquía con 28,5 GW y finalmente Francia, que cierra la lista con una capacidad total instalada de 25,6 GW.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 3

Energía Eólica

La energía eólica es una de las fuentes de energía más antiguas explotadas por los seres humanos y hoy en día es la fuente de energía renovable más establecida y eficiente del mundo.

DEFINITION

Después de la energía hidroeléctrica, la energía eólica es la segunda fuente de energía renovable más grande del mundo.

La radiación solar no se recibe por igual en toda la superficie de la Tierra. Algunas zonas se calientan más que otras y en esas zonas el aire tiende a subir, generando zonas de baja presión. Por otro lado, en las zonas más frías el aire desciende creando zonas de alta presión. La diferencia entre presiones hace que el aire se mueva y se origine el viento.

DEFINITION

La energía eólica es una energía renovable que se obtiene de la fuerza del viento que pasa por un aerogenerador que transforma la energía cinética del flujo de aire en energía eléctrica.

Wind energy is a renewable, efficient, mature and safe energy that is key to the energy transition and the decarbonization of the economy.

DEFINITION

Generalmente, los aerogeneradores se agrupan para formar lo que se conoce como un parque eólico.

El número de aerogeneradores que componen un parque eólico es muy variable y depende fundamentalmente de la superficie disponible y de las características del viento en el lugar. Antes de instalar un parque eólico, se estudia el viento en el lugar elegido durante un periodo de tiempo que suele ser superior a un año. Los parámetros importantes son las direcciones del viento y su velocidad.

DEFINITION

Los parques eólicos pueden estar ubicados en tierra o en el mar; los primeros son los más comunes, aunque los parques en el mar han experimentado un importante crecimiento en Europa en los últimos años.

El primer parque eólico marino del mundo se instaló en Vindeby, frente a la costa sur de Dinamarca, en 1991. Treinta años después, la energía eólica marina es una tecnología madura y a gran escala que

proporciona energía a millones de personas en todo el mundo. Las nuevas instalaciones tienen altos factores de capacidad y los costes han disminuido constantemente en los últimos 10 años [6].

3.1 Tipos de aerogeneradores

Existen dos tipos de aerogeneradores en función de la dirección del eje de rotación: los aerogeneradores de eje horizontal (HAWT) y los de eje vertical (VAWT) [7-8]. Los HAWT son el tipo de aerogenerador más común y son los que podemos encontrar en estos grandes parques eólicos donde este tipo de aerogenerador se puede utilizar por encima de 1 MW de potencia.

Un HAWT consiste en una torre de acero con alturas entre 60 y 100 metros. En la parte superior de la torre hay una góndola donde se encuentran los elementos más importantes del aerogenerador. En la parte delantera de la góndola se colocan dos o tres palas largas (20-60 metros) y delgadas, de forma que se orienten directamente hacia el viento. La mayoría de las palas de los grandes aerogeneradores están fabricadas con fibras de vidrio o compuestos de epoxi. La vida útil de una pala es de aproximadamente 15-20 años. Este tipo de aerogenerador puede generar una potencia muy variable, de hasta 10-12 MW en función del viento del lugar y de la meteorología

Una VAWT es esencialmente una turbina eólica en la que el eje del rotor está instalado en posición vertical y puede generar electricidad sin importar de dónde venga el viento. Las VAWT tienen palas curvas más cortas y anchas que se asemejan a los batidores utilizados en una batidora eléctrica. La ventaja de este tipo de aerogenerador vertical es que puede generar electricidad incluso en lugares con poco viento y en zonas urbanas donde la normativa de construcción suele prohibir la instalación de aerogeneradores horizontales. Los VAWT no necesitan un mecanismo de orientación y lo que sería el generador eléctrico puede situarse en el suelo. La ventaja de estos aerogeneradores verticales es que son más pequeños y ligeros que los horizontales, pero la producción de energía es menor porque su eficiencia es mucho menor que la de los HAWT.

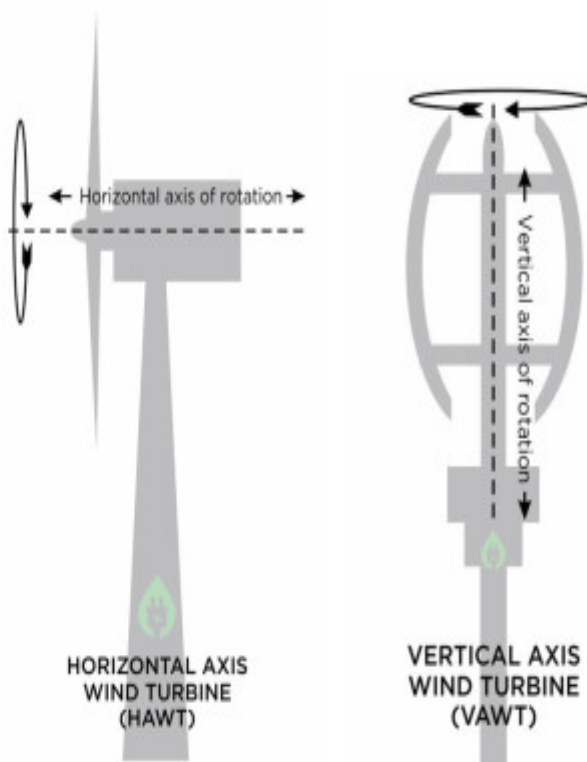


Fig. 3. Aerogeneradores HAWT vs VAWT [8].

DEFINITION

La cantidad de electricidad generada por un aerogenerador es proporcional al cubo de la velocidad del viento.

Por eso las turbinas eólicas se colocan generalmente en zonas con altas velocidades de viento, normalmente en las cimas de las colinas o en zonas llanas y abiertas. Los aerogeneradores requieren una velocidad mínima del viento para empezar a generar electricidad, generalmente de 12 a 14 km/h. Esto se conoce también como velocidad de conexión. Los vientos fuertes entre 50-60 km/h proporcionan la máxima potencia de salida. Cuando la velocidad del viento supera los 90 km/h, la turbina se detiene para evitar daños. Esta es la velocidad de desconexión.

3.2 Ventajas y desventajas de la energía eólica

La energía eólica ofrece numerosos beneficios y también contribuye a minimizar el impacto del cambio climático. A continuación se enumeran algunos de los principales beneficios:

ADVANTAGE

- **Energía renovable y limpia.** Es un recurso natural renovable que no produce emisiones atmosféricas ni contaminantes.
- **Disponibilidad.** La energía eólica está disponible en casi todo el planeta, por lo que fomenta la riqueza y la generación de empleo local.
- **Se despliega en casi cualquier lugar.** Los aerogeneradores pueden instalarse en lugares no aptos para otros fines, como las zonas desérticas, y también pueden coexistir con otros usos del suelo, como el cultivo o la ganadería.
- **Instalación rápida.** Los aerogeneradores pueden instalarse a diferentes alturas para conseguir una producción estable.
- **Energía barata.** Se considera una energía de bajo coste cuyo precio se mantiene bastante estable, por lo que puede competir en rentabilidad con las fuentes de energía tradicionales, además de ser una fuente de ahorro.

Uno de los mayores inconvenientes de este tipo de energía es la planificación de su obtención debido a la naturaleza aleatoria del viento. Presenta las desventajas siguientes:

DISADVANTAGE

- **Falta de viento.** Esta razón impide utilizar la energía eólica como única fuente de energía eléctrica. Sin embargo, esto podría solucionarse utilizando dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica.
- **Límite de velocidad del viento.** Si la velocidad del viento es superior a la máxima que puede soportar el aerogenerador, provoca daños en el eje y la producción de electricidad se reduce, por lo que se requieren sistemas de control para desconectar el aerogenerador o modificar las palas.
- **Hay que construir líneas de alta tensión.** Para distribuir la energía eléctrica de los parques eólicos, es necesario construir líneas de alta tensión capaces de transmitir la máxima cantidad de electricidad generada.
- **Impacto medioambiental.** El despliegue de los parques eólicos provoca daños y la muerte de aves y murciélagos y también tiene un impacto visual en los paisajes naturales. Los nuevos diseños de aerogeneradores están cambiando esta tendencia.

- **Los parques eólicos ocupan grandes superficies.** Los aerogeneradores deben estar separados, aunque esa misma superficie puede utilizarse simultáneamente para otros fines.
- **Fuente de energía inestable.** La aleatoriedad del viento es un serio obstáculo para planificar una producción energética estable, a pesar de que los últimos avances meteorológicos para la previsión del viento han mejorado mucho la situación.

3.3 La energía eólica en el mundo

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) estima que la generación eólica mundial superará los 732 GW a finales de 2020 [9]. China tenía la mayor capacidad eólica instalada en 2021, 342 GW, lo que supone más de una cuarta parte de la capacidad eólica del mundo.

A China le sigue Estados Unidos, con una capacidad de 139 GW. Sólo el estado de Texas produce una cuarta parte de la energía eólica de Estados Unidos, con 24,9 GW, proporcionando más energía eólica que otros 25 estados estadounidenses juntos.

A cierta distancia le sigue Alemania, con una capacidad de 64 GW, siendo el primer país europeo en capacidad eólica instalada. Luego le sigue India, con 42 GW, y España, con 29 GW.

Por último, Italia, con una capacidad eólica instalada de 12,7 GW cierra la lista de los 10 primeros países productores de energía eólica.

[Video 1](#)

CHAPTER 4

Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar que incide anualmente en toda la superficie terrestre representa unas cinco mil veces la demanda energética de la población mundial, por lo que es la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance. Además, la energía solar ofrece una serie de ventajas sobre otras energías renovables: No es contaminante ya que no emite ningún tipo de residuo a la atmósfera, ni produce contaminación acústica, ya que su generación es silenciosa y está disponible en todo el planeta. Aunque no todos los puntos de la tierra reciben la misma cantidad de energía del sol. Para aprovechar la energía solar se utilizan dos tipos de tecnologías: la tecnología solar fotovoltaica y la tecnología solar térmica.

El término fotovoltaico (FV) procede de la palabra griega Photo (luz) y del nombre del físico italiano Alessandro Volta, inventor de la pila química.

DEFINITION

La tecnología solar fotovoltaica permite transformar directamente la luz del sol o la radiación solar en electricidad. Se encarga de aprovechar la energía de los fotones en energía eléctrica, generando electrones, con módulos solares fotovoltaicos, para ello utiliza dispositivos llamados células solares.

Edmund Bequerel descubrió el efecto fotovoltaico en 1839. Albert Einstein propuso una descripción matemática del efecto fotoeléctrico en la que la emisión de electrones se producía por la absorción de cuantos de luz que más tarde se llamarían fotones [10]. Por esta explicación del efecto fotoeléctrico, Einstein recibió el Premio Nobel de Física en 1921.

La tecnología solar térmica aprovecha la energía del sol para calentar el agua que puede utilizarse para el consumo doméstico: Calefacción, agua caliente sanitaria, o para producir energía mecánica, que luego podemos transformar en energía eléctrica. La energía solar térmica también se utiliza para alimentar máquinas de refrigeración por absorción, que en lugar de utilizar la electricidad para producir frío, utilizan el calor.

Los elementos básicos de la energía solar térmica son los captadores solares, encargados de captar la radiación solar y convertirla en energía térmica: Calor, que se utiliza para calentar el agua directamente o un líquido especial que en una fase posterior calentaría el agua a través de un intercambiador.

SUMMARY

En este capítulo nos centraremos en analizar detalladamente la energía solar fotovoltaica.

[Video 2](#)

4.1 Radiación Solar.

DEFINITION

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas.

La radiación que proviene del sol equivale a la que irradia un cuerpo negro a una temperatura de 6000 K. Una parte de la energía que nos llega del sol, aproximadamente el 30% de esta radiación, se refleja en el espacio. Las moléculas de gas y las partículas en suspensión presentes en las diferentes capas de la atmósfera absorben otra parte y el resto llega a la superficie terrestre.

En las zonas ecuatoriales la radiación solar incide directamente, en los polos, la radiación que llega es mucho menor. Como la atmósfera filtra la luz solar, cuando estamos a mayor altura y, por tanto, la capa atmosférica es más fina, la energía que recibimos del sol es mayor.

DEFINITION

El término radiación solar se refiere a los valores de la irradiación solar, es decir, la cantidad de energía recibida por unidad de superficie en un tiempo determinado.

Los valores de la radiación solar expresan la energía que proviene de la radiación directa del sol y la radiación difusa que, dispersa por la atmósfera, proviene del resto del cielo.

La potencia radiante del sol en el límite exterior de la atmósfera terrestre, a una distancia de unos 150 millones de kilómetros, corresponde a unos 1.360 W/m^2 . Este valor se denomina Constante Solar: G_{sc} . La Fig. 4 muestra la densidad espectral de irradiación que recibimos del sol en la superficie terrestre en función de su longitud de onda, fuera de la atmósfera y en la superficie terrestre, así como la absorción en la atmósfera asociada a diferentes elementos presentes en ella. Como puede verse en la figura, la mayor parte de la energía se centra en el espectro visible, entre $0,4$ y $0,8 \mu\text{m}$ de longitud de onda.

DEFINITION

La energía de los fotones depende de la longitud de onda, como muestra la siguiente ecuación:

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

donde h es la constante de Planck, c la velocidad de la luz y λ la longitud de onda asociada al fotón.

Para que un fotón sea absorbido y genere un par de portadores, electrón / hueco, en un material es necesario que la energía del fotón sea superior a la energía del gap, E_g , del material. Además, cada material semiconductor, los más utilizados en la fabricación de células solares, tiene un determinado coeficiente de absorción, α . Cuando la luz atraviesa un material, se atenúa y su absorción es proporcional a su intensidad en cada longitud de onda. El número de fotones que penetran en un material semiconductor disminuye exponencialmente en función de α y de la distancia que recorren siguiendo la

ley de Lambert [11].

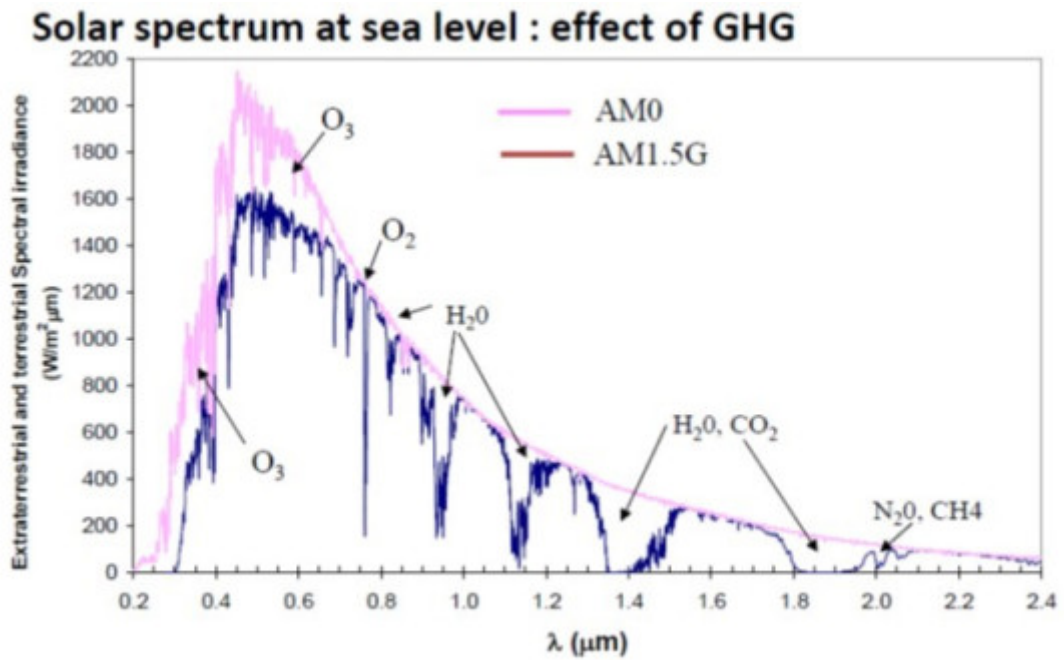


Fig. 4. Radiación solar incidente en la superficie terrestre.

DEFINITION

El espectro solar de referencia fuera de la atmósfera terrestre se conoce como AM0, (AM: masa de aire, cantidad de atmósfera que atraviesa la radiación solar). En la superficie terrestre, el espectro de referencia es AM1,5.

4.2 Generador fotovoltaico.

DEFINITION

El dispositivo electrónico encargado de transformar la energía del sol, los fotones incidentes, en energía eléctrica, un flujo de electrones libres que dan lugar a la corriente eléctrica, a partir del efecto fotoeléctrico es la célula solar.

Una característica importante de la célula solar es su eficiencia.

DEFINITION

La eficiencia de una célula solar, η , se define como la relación entre la potencia eléctrica que es capaz de entregar a su salida con respecto a la potencia de la luz que incide en su superficie:

$$\eta = \frac{V_m I_m}{G A}$$

donde V_m , I_m son respectivamente la tensión y la corriente máximas a la salida de la célula solar en condiciones estándar (STC): Irradiancia, $G = 1000\text{W}/\text{m}^2$ y temperatura de $25\text{ }^\circ\text{C}$ y A es el área de la célula solar.

W.G. Adams y R.E. Day fabricaron la primera célula solar de selenio (Se) en 1877, pero no fue hasta 1954 cuando se fabricó la primera célula solar de silicio (Si) en los Laboratorios Bell, con una eficiencia del 6%. Esto nos da una idea de lo reciente que es la tecnología solar fotovoltaica. A pesar de ello, hoy es una tecnología muy madura.

La mayoría de las células solares se basan en materiales semiconductores en los que se ha creado una unión p-n, una región con un defecto de electrones (p) en contacto con otra con exceso de electrones (n), que genera un campo eléctrico que permite a los electrones moverse en una determinada dirección y obtener así una corriente eléctrica a la salida del dispositivo.

Las células solares se conectan en serie para obtener una mayor tensión de salida y formar así módulos fotovoltaicos [12]. Algunos módulos FV tienen varias ramas de células en serie conectadas en paralelo, lo que permite obtener una mayor corriente de salida del módulo FV. En el mercado podemos encontrar módulos FV con potencias de salida muy diferentes en función del número de células solares que incorporen y de cómo estén conectadas entre sí. Las eficiencias de los módulos fotovoltaicos dependen de la eficiencia de sus células solares y, por tanto, del material y las tecnologías utilizadas en su fabricación.

PV is Modular

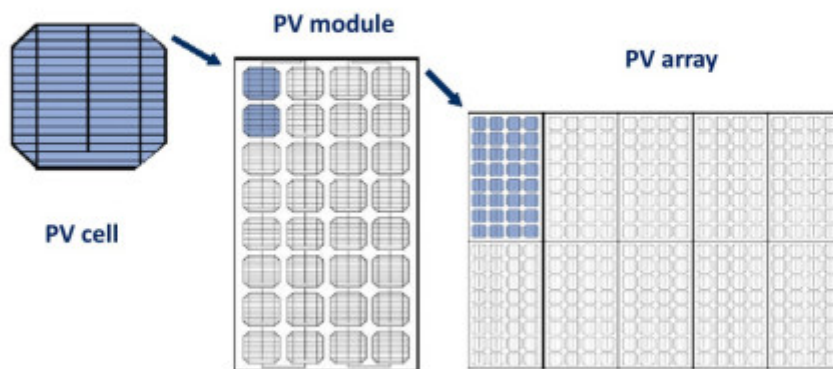


Fig. 5. De la célula solar al generados fotovoltaico.

La tecnología fotovoltaica es una tecnología modular y escalable. Así, un generador fotovoltaico también está constituido por la interconexión de ramas paralelas de módulos fotovoltaicos conectados en serie, como se muestra en la Fig. 5.

[Video 3](#)

4.3 Tecnologías de fabricación de módulos fotovoltaicos.

El 95% de las células solares fabricadas en 2020 se desarrollaron sobre obleas de silicio (Si), la mayoría de ellas, el 84%, utilizaron silicio monocristalino (c-Si) y el resto silicio multicristalino (mc-Si) [13]. El récord de eficiencia de las células de c-Si se sitúa en el 26,7%, mientras que en el caso del mc-Si la eficiencia máxima alcanzada por la célula solar es del 24,4%.

En la fabricación de células solares se utilizan algunas tecnologías de capa fina que se basan en materiales más baratos, pero con eficiencias más bajas, como: CIGS o CdTe. Recientemente se ha incrementado la investigación y producción de células solares en materiales como la Perovskita o la Kesterita, también más baratos que el Si, alcanzando eficiencias del 25,5% en el caso de las células solares basadas en Perovskita.

Los mayores valores de eficiencia en células solares, hasta el 47% [14], se obtienen en tandems de células solares que aprovechan mejor el espectro solar, basados en compuestos de los grupos III-V. Estos tandems están formados por varias células solares apiladas en serie y son caros de fabricar, por lo que su uso se limita a aplicaciones espaciales.

Actualmente, la mayoría de los módulos fotovoltaicos comerciales basados en c-Si o mc-Si presentan eficiencias en torno al 20%. Los valores más altos de eficiencia alcanzados en los módulos solares fotovoltaicos de diferentes tecnologías se resumen en la siguiente tabla.

Table 3. Módulos fotovoltaicos, records de eficiencia 2020. [14]

Tecnología	Eficiencia (%)	Fabricante
c-Si	24.4	Kaneka
mc-Si	24.4	Hanwha Q cells
GaAs (thin film)	25.1	Alta devices
CdTe (thin film)	19	First Solar
Perovskite	17.9	Panasonic
Multi Junction (III-V)	31.2	Sharp

INTERESTING

El coste de los módulos fotovoltaicos ha bajado un 26% en los últimos 40 años.

Hoy en día, la energía solar fotovoltaica es una tecnología madura y permite producir electricidad a costes competitivos, entre 14 y 20 USD / MWh [13], con el resto de energías tradicionales basadas en combustibles fósiles. Como ejemplo, en 2021 el coste de la electricidad en España se sitúa en 200 euros / MWh y al igual que en el resto de países de la comunidad europea, se prevé que el precio de la electricidad producida a partir de fuentes no renovables siga aumentando en el futuro.

DEFINITION

La potencia fotovoltaica total instalada en el mundo es hoy de 760 GW y permite evitar la emisión de 875 millones de toneladas de CO₂ al año a la atmósfera. Sin embargo, todavía representa un pequeño porcentaje de la producción mundial de energía eléctrica.

Sin duda, el crecimiento de la energía solar fotovoltaica seguirá siendo exponencial en todo el mundo, como en las últimas décadas, y está llamada a ser una de las soluciones más importantes al calentamiento global y a desempeñar un papel clave en la transición energética.

4.4 Sistemas fotovoltaicos.

Los sistemas fotovoltaicos pueden dividirse en dos tipos: Sistemas fotovoltaicos autónomos y sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

DEFINITION

Los sistemas fotovoltaicos autónomos se utilizan cuando no es posible conectarlos a una red de distribución eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos fueron los primeros sistemas utilizados en este campo y sus aplicaciones son múltiples: bombeo de agua, estaciones de telecomunicaciones, repetidores de radio y televisión, aplicaciones espaciales en satélites o vehículos espaciales, aplicaciones en hogares, etc.

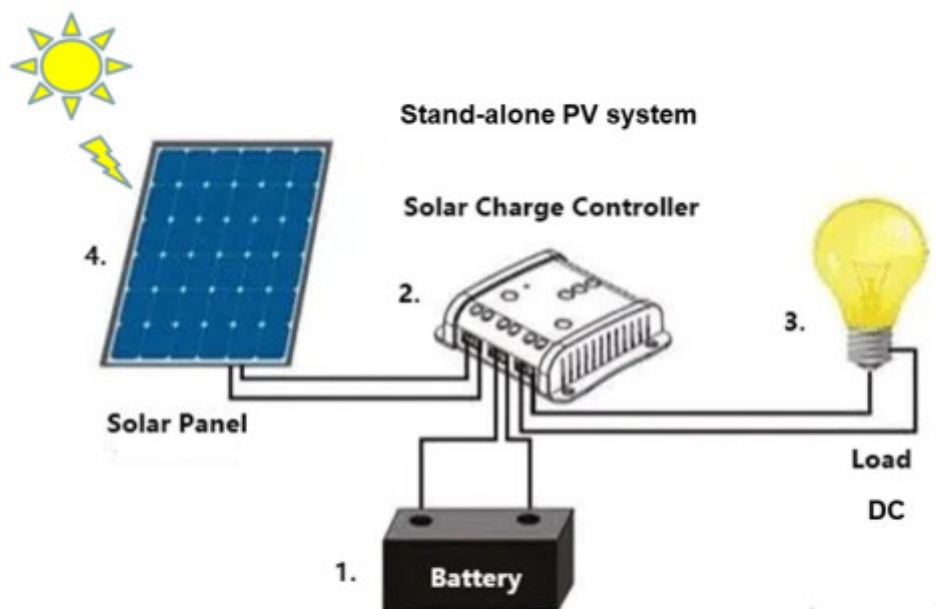


Fig. 6. Sistema fotovoltaico autónomo.

Table 4. Elementos de un Sistema fotovoltaico autónomo

Elemento	Descripción
[1] Módulos fotovoltaicos	Dependiendo de la aplicación, el tamaño del generador puede variar desde sistemas de muy baja potencia con un solo módulo hasta generadores con varios kW de potencia máxima.

[2] Regulador de carga	Este elemento se encarga de proteger las baterías y mantenerlas en un estado de carga adecuado, en función de la demanda energética del sistema y de la potencia disponible a la salida del generador fotovoltaico. Pueden incorporar rastreadores de punto de máxima potencia: MPPT, para maximizar el aprovechamiento de la energía producida. Esto permite que el generador fotovoltaico trabaje en el punto de máxima potencia de salida mientras el resto del sistema trabaja con la tensión de la batería y la corriente que requieren las cargas en cada momento.
[3] Baterías	Son los acumuladores de energía que permiten suministrar corriente eléctrica a las cargas cuando el generador fotovoltaico no produce, por ejemplo, por la noche. Cuando el generador produce energía, recarga las baterías.
[4] Cargas del sistema	Las cargas eléctricas que el sistema fotovoltaico debe alimentar en CC. Si hay cargas presentes que necesitan ser alimentadas en CA, es posible incorporar un convertidor de CC/CA llamado inversor.

DEFINITION

El segundo tipo de sistemas fotovoltaicos son los sistemas conectados a la red de distribución eléctrica o sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Hoy en día, más del 90% de las instalaciones fotovoltaicas existentes están conectadas a la red. En este grupo de sistemas, podemos encontrar instalaciones diseñadas como grandes generadores de electricidad, de hasta cientos de MW de potencia, que se utilizan para inyectar energía en la red de distribución. Además, sistemas de media potencia, hasta 500 kWp, diseñados para naves industriales o comerciales que vierten energía a la red, pero que también se utilizan para alimentar el consumo interno de estas instalaciones. Cada día se instalan más sistemas fotovoltaicos conectados a la red en viviendas para aplicaciones de autoconsumo, en las que la energía generada se utiliza para el consumo doméstico y, si hay un excedente, se puede verter a la red si la normativa del país lo permite. En estos casos, existen dos tipos de estrategias para compensar esta energía inyectada a la red.

DEFINITION

La medición neta, en la que las compañías eléctricas a las que está conectado el sistema descuentan la energía inyectada en los costes de consumo, y el segundo caso en el que las compañías eléctricas pagan directamente por la energía inyectada en la red por el sistema fotovoltaico al propietario del mismo, las tarifas de alimentación.

En los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, especialmente en las aplicaciones diseñadas para el autoconsumo, también se incluyen baterías para almacenar la energía producida por el generador fotovoltaico, reduciendo así el consumo directo de la red cuando el generador no es capaz de satisfacer la demanda energética de las cargas.

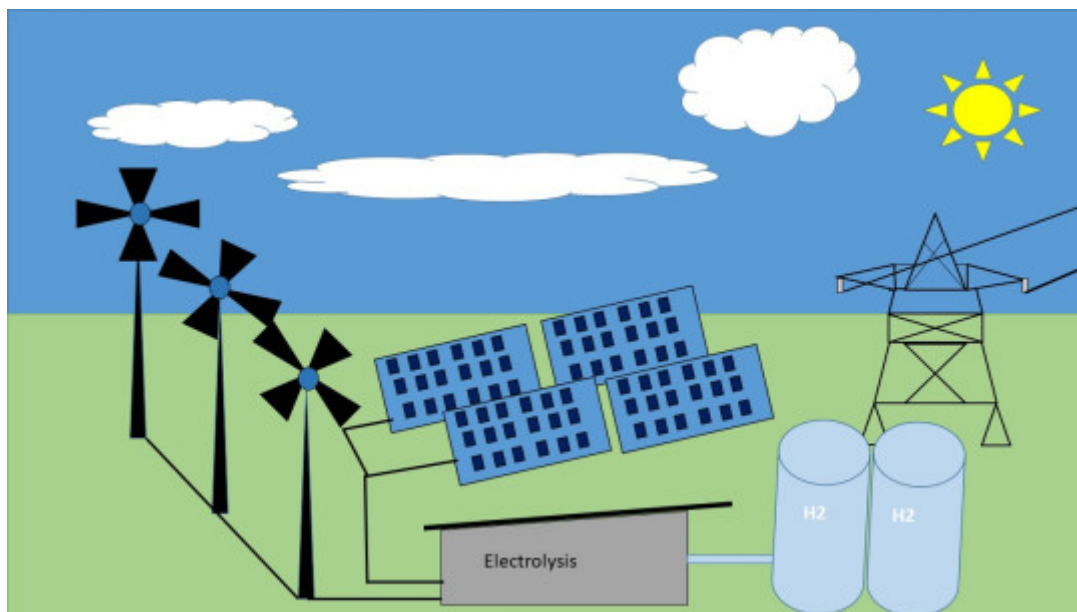


Fig. 7. Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico conectado a la red.

Sus principales elementos son los siguientes:

Table 5. Principales elementos de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Elemento	Descripción
Generador fotovoltaico	Desde unos pocos kW hasta cientos de MW, según la aplicación.
Inversor	Se encarga de convertir la salida de CC del generador fotovoltaico en CA. Dependiendo del tamaño del sistema, el número de inversores y su potencia nominal pueden variar en cada aplicación. Estos inversores incorporan sistemas MMPT para garantizar que el generador fotovoltaico trabaje siempre en el punto de máxima potencia.
Protecciones	Fusibles, diodos de derivación, diodos de bloqueo, interruptores o disyuntores manuales y automáticos, tomas de tierra, sistemas de protección eléctrica, etc. (según la normativa de cada país).
Contadores	Miden la energía inyectada a la red. En el caso de aplicaciones de autoconsumo, se pueden utilizar contadores bidireccionales que miden tanto la inyección a la red como su consumo.
Cargas	Cargas de CA presentes en el sistema.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

Interaktivní prvek

CHAPTER 5

Tecnologías del Hidrogeno.

DEFINITION

El hidrógeno, H_2 , es un gas diatómico incoloro e inodoro que además no es tóxico. Tiene un alto valor energético por unidad de masa (densidad energética), mucho mayor que los combustibles tradicionales. Es un combustible renovable y sus reservas son inagotables.

Este elemento, en la Tierra, siempre se combina con otros elementos, como con el oxígeno formando agua (H_2O), con el carbono formando hidrocarburos, o con otros elementos formando infinidad de compuestos diferentes. Para su producción son necesarios procesos químicos o electroquímicos que requieren una cantidad de energía que siempre será mayor que la que se obtendrá posteriormente en su aplicación final.

En la actualidad, ya se utiliza en un gran número de aplicaciones industriales: En el sector químico, petroquímico, metalúrgico o electrónico, pero su gran potencial reside en el sector energético. El H_2 puede utilizarse como combustible, obteniendo calor de su combustión, de la misma manera que el gas natural, con la ventaja de que cuando el H_2 se quema sólo deja vapor de agua, en lugar de los gases de efecto invernadero que provienen de los combustibles fósiles. Por otro lado, también permite la generación de electricidad mediante procesos electroquímicos.

El uso del H_2 permitirá el desarrollo de un gran número de tecnologías asociadas. Un buen ejemplo son las pilas de combustible alimentadas con H_2 , que tienen una alta eficiencia y una gran variedad de posibles aplicaciones, tanto móviles como estacionarias.

Los resultados alcanzados en los últimos años en los programas de investigación, desarrollo y demostración han aumentado claramente el interés internacional por estas tecnologías, que presentan un gran potencial, se espera que tengan un peso relevante en el sector energético mundial y podrían ayudar mucho a paliar los efectos del cambio climático.

Las tecnologías de H_2 incluyen todos los procesos derivados de su generación, almacenamiento, transporte y combustión.

5.1 Producción de H₂.

El H₂ se suele clasificar según las fuentes de energía utilizadas en su producción y su sostenibilidad. Siguiendo esta clasificación, podemos hablar de tres tipos diferentes: H₂ gris, H₂ azul y H₂ verde.

El H₂ gris es el producido por fuentes de energía de origen fósil: Gas natural (metano CH₄), petróleo o carbón. Estos procesos conllevan emisiones contaminantes asociadas, pero actualmente el 99% de la producción mundial de H₂ es de este tipo, que genera emisiones de CO₂ muy importantes.

Los métodos más comunes de producción de H₂ gris son el reformado al vapor del gas natural y la gasificación del carbón.

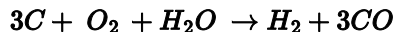
El método de reformado al vapor del gas natural es el más barato y el más utilizado. Este proceso se basa en someter a los reactivos a temperaturas entre 700 y 850 ° C, a presiones inferiores a 25 bar, como muestra la siguiente reacción:



El CO resultante puede reaccionar con vapor para convertirlo en CO₂ y así producir más hidrógeno:



El segundo proceso más utilizado en la producción de H₂ es la gasificación del carbón. La estequiometría más sencilla de la reacción es la siguiente:

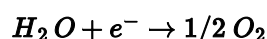


Para evitar las emisiones de CO₂ y reducir los efectos del cambio climático, es necesario realizar una transición del H₂ gris al H₂ azul y, sobre todo, promover la producción de H₂ verde, renovable y sin emisiones directas de CO₂.

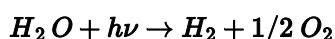
El H₂ azul también se obtiene de fuentes de energía de origen fósil, pero en este caso se utilizan procesos de producción menos contaminantes. Estos procesos suelen incluir mecanismos de captura y almacenamiento de CO₂. Si el proceso no lleva asociadas emisiones contaminantes, el H₂ resultante se denomina turquesa, que puede obtenerse por pirólisis siguiendo la reacción que se muestra a continuación:



Otro proceso muy conocido y que ha experimentado un gran desarrollo en la última década es la electrólisis del H₂O, por este método. El agua se separa en H₂ y O₂ aplicando electricidad:



La electrólisis del H₂O también puede llevarse a cabo utilizando la energía del sol, los fotones, directamente para romper la molécula de agua. Este proceso se denomina fotólisis:



DEFINITION

El H₂ obtenido de fuentes de energía renovables: Eólica, solar, marina, etc., con bajas o nulas emisiones contaminantes de CO₂ asociadas se conoce como H₂ verde o renovable.

Este H₂ tiene como característica principal que permite transformar la electricidad en un producto almacenable y transportable con múltiples aplicaciones. Sin embargo, el concepto es más amplio, ya que existen otras fuentes renovables e inagotables que pueden ser utilizadas en procesos que den lugar a H₂ verde a partir de biomasa forestal o compuestos orgánicos, entre otros.

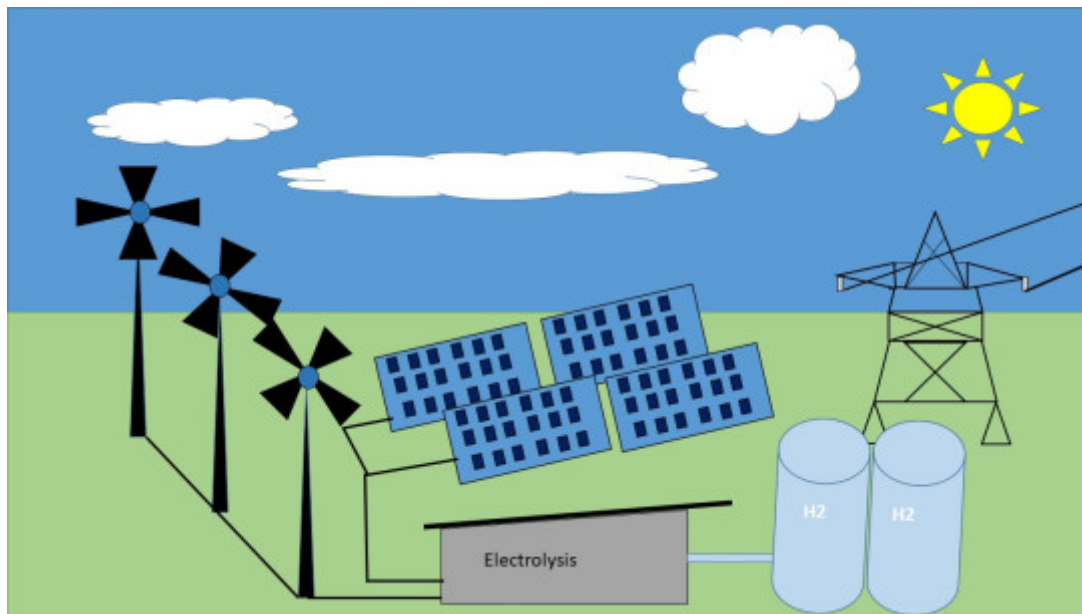


Fig. 8. Producción de H₂ verde.

Los métodos más utilizados para la producción de H₂ se muestran en la siguiente tabla.

Table 6. Procesos de producción de H₂ [15]

Procesos de Conversión Química	Procesos electrolíticos	Procesos termolíticos	Procesos biológicos	Procesos fotónicos
Reformado al vapor a partir de gas natural	Electrolisis (H ₂ O)	Termólisis directa a partir de H ₂ O	Fermentación (Bacterias)	Fotoelectrolisis
Gasificación (Gas o Carbón)		Ciclos térmicos	Digestión anaeróbica (Biomasa)	Fotobiólisis
Pirólisis (Biomasa o gas natural)				Fotocatálisis

5.2 Transporte y almacenamiento de H₂.

Entre las principales tecnologías de almacenamiento de energía, el H₂ y el metano sintético, también producido a partir del H₂, representan algunas de las opciones más prometedoras para almacenar grandes cantidades de electricidad renovable durante largos periodos de tiempo.

DISADVANTAGE

Uno de los retos que presenta el almacenamiento de H₂ es el gran volumen que ocupa, dada su baja densidad y a pesar de su alta capacidad energética. Para aumentar su densidad volumétrica se utilizan diferentes métodos, como la compresión o la licuefacción.

NOTE

La forma más convencional de almacenar el gas H₂ es bajo presión en cilindros de acero convencionales o en tanques ligeros de fibra de carbono. Esta es la tecnología de almacenamiento más madura.

El hidrógeno también puede almacenarse en forma líquida a temperaturas criogénicas: -253 °C, lo que mejora enormemente su densidad energética por unidad de volumen incluso a bajas presiones.

DISADVANTAGE

Un inconveniente importante es que el proceso de licuefacción requiere una gran cantidad de energía y que las bajas temperaturas requeridas dificultan mucho su aplicación en los vehículos de transporte.

Por último, el H₂ puede almacenarse en estado sólido utilizando materiales basados en el carbono (nanotubos y nanofibras de grafito) o hidruros recargables. En este caso, el almacenamiento se realiza en la superficie de los sólidos, por adsorción, o en su interior, por absorción.

Por mar, para cubrir largas distancias o zonas aisladas; por tierra, en camiones cisterna o en trenes y tuberías similares a los gasoductos. Esta última opción requiere una inversión importante en la infraestructura, pero posteriormente permite unos costes de transporte más bajos que las otras opciones dada la gran cantidad de volumen que permite transportar. El coste de un gasoducto para el H₂ es mucho mayor que el requerido para un gasoducto de gas natural, dada su menor densidad energética por unidad de volumen. Por ello, se requieren tuberías de mayor diámetro o presiones más altas para suministrar la misma cantidad de energía.

5.3 Aplicaciones.

Hoy en día, la mayor parte del H_2 se utiliza para fabricar amoníaco y otros productos químicos, la mayoría de ellos fertilizantes. También se aplica en la industria petrolera en las refinerías en diferentes procesos.

Otra aplicación importante en la metalurgia es su uso para obtener acero a partir del hierro. Por otro lado, su uso es importante en la fabricación de productos químicos básicos como el metanol o el amoníaco, así como en el desarrollo de hidrocarburos sintéticos.

Sin duda, una de las aplicaciones con mayor potencial del H_2 es el transporte. Su aplicación en los vehículos: Coches, camiones, autobuses, motocicletas e incluso bicicletas, utilizando pilas de combustible, genera H_2O como único residuo, lo que contribuye a mejorar la calidad del aire y a reducir el calentamiento global.

DEFINITION

Las pilas de combustible son dispositivos que permiten generar electricidad a partir de la energía química del H_2 y el O_2 sin combustión. En su lugar, se produce una reacción electroquímica de oxidación del H_2 .

Este proceso tiene un rendimiento mucho mayor que la combustión convencional.

Existen varios tipos de pilas de combustible. Suelen clasificarse en función de su temperatura de funcionamiento, aunque también pueden clasificarse en función de la naturaleza del ion que transporta el electrolito que se encuentra entre el cátodo y el ánodo de la pila de combustible.

La distribución de hidrógeno para su uso en la movilidad y el transporte requerirá la creación de una nueva red de estaciones de servicio: Centrales hidroeléctricas o estaciones hidroeléctricas, que son estaciones de servicio que almacenan y suministran H_2 para el transporte, y que suelen estar situadas en las carreteras.

Sus aplicaciones en el transporte marítimo se limitan hasta ahora a las pequeñas embarcaciones, pero se espera que en el futuro se aplique a los grandes buques.

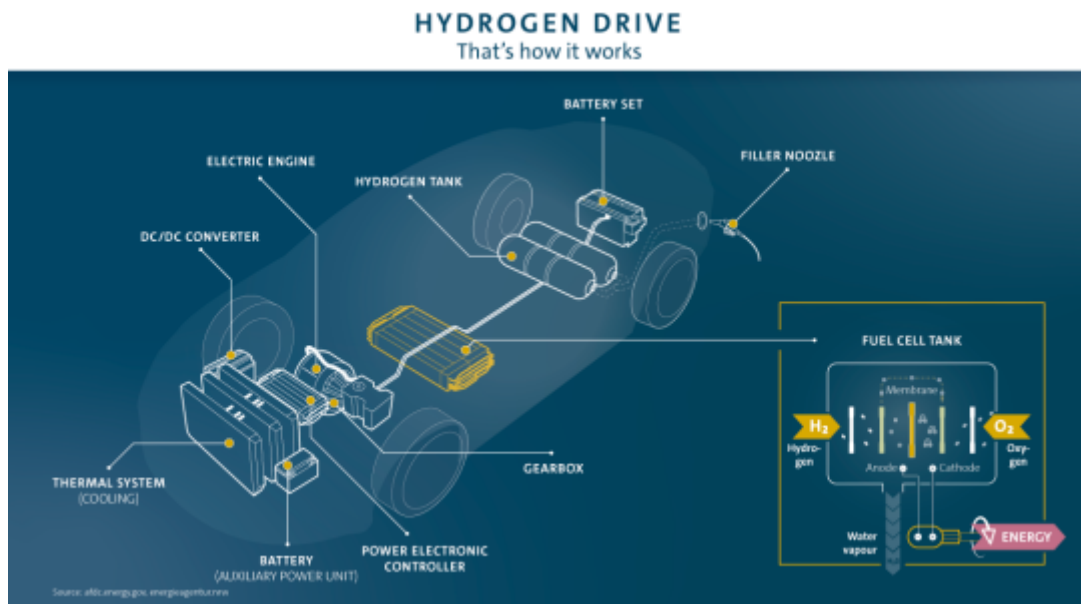


Fig. 9. Coche alimentado por H₂.

Por último, otras aplicaciones son la combustión en calderas para la calefacción doméstica o aplicaciones para la generación de calor en la industria.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 6

Biomasa

El uso de la energía de la biomasa es, de hecho, uno de los más antiguos que se conocen, ya utilizado por los primeros hombres de las cavernas para calentarse o cocinar los alimentos. Sin embargo, con la llegada de la revolución industrial y la necesidad de generar una mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, se promovió el uso de combustibles fósiles y se frenó el uso de la energía de la biomasa. Hoy en día, sin embargo, el uso de la energía de la biomasa está ganando en popularidad debido a que es una fuente de energía limpia, sostenible y renovable.

DEFINITION

La biomasa se refiere a toda la materia orgánica existente en la biosfera, ya sea de origen vegetal o animal, así como a los materiales obtenidos mediante su transformación natural o artificial.

Según la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, se entiende por "biomasa" la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de la agricultura (incluidas las sustancias vegetales y animales), la silvicultura y las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales [17].

DEFINITION

En otras palabras, la biomasa es un concepto muy amplio que incluye desde los residuos de las actividades forestales, agrícolas y ganaderas hasta la fracción orgánica de los residuos domésticos e industriales, pasando por los subproductos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera.

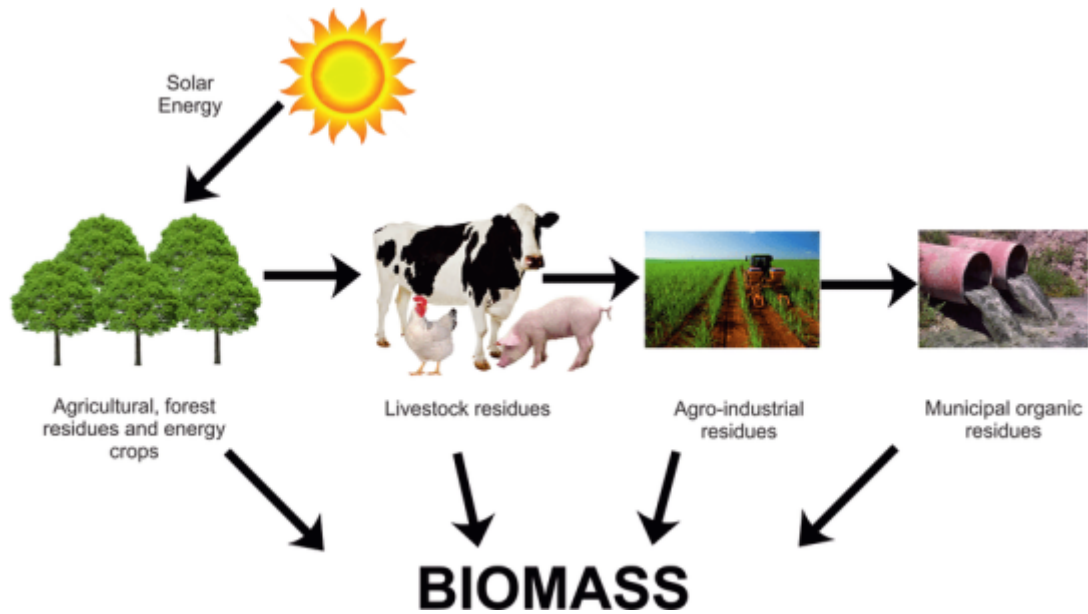


Fig. 10. Creación de biomasa

La biomasa es una fuente de energía renovable. La energía de la biomasa procede en última instancia del Sol. Las plantas absorben la energía del Sol mediante el proceso de fotosíntesis y convierten el dióxido de carbono y el agua en nutrientes. Además, los animales que se alimentan de las plantas transforman estos nutrientes en biomasa. La biomasa puede transformarse en energía utilizable mediante una conversión directa e indirecta. La biomasa puede quemarse para crear calor o convertirse en electricidad (directa), o transformarse en biocombustible (indirecta).

6.1 Tipos de biomasa.

Según su origen, la biomasa puede clasificarse en tres grandes grupos:

- **Biomasa natural.** Se produce espontáneamente en la naturaleza, sin intervención humana. Por ejemplo, la poda natural de los bosques.
- **Biomasa residual.** Productos de desecho que provienen de actividades agrícolas o forestales (por ejemplo, el serrín), de industrias agroalimentarias o de residuos biodegradables formados por aguas residuales urbanas, industriales y ganaderas (por ejemplo, el guano).
- **Biomasa producida.** Se trata de cultivos energéticos. Se trata de un cultivo específico que se realiza en las explotaciones agrícolas con el único fin de ser utilizado como fuente de energía.

6.2 Tecnologías de conversión

Las tecnologías de conversión utilizan la biomasa de forma eficiente y sostenible para generar calor, electricidad, biocombustibles, productos químicos y biomateriales.

DEFINITION

Existen dos tecnologías principales para convertir la biomasa en energía: la termoquímica y la bioquímica.

La conversión termoquímica consiste en quemar directamente la biomasa a temperaturas muy altas (entre 600 y 1.300 °C) y en presencia de grandes cantidades de aire y con rendimientos de hasta el 95%. Los diferentes procesos de conversión termoquímica incluyen la combustión, la gasificación y la pirólisis, siendo la combustión el proceso más practicado.

La conversión bioquímica implica el uso de bacterias, microorganismos y enzimas para descomponer la biomasa en combustibles gaseosos o líquidos, como el biogás o el bioetanol. Los procesos bioquímicos más populares son la digestión anaeróbica y la fermentación. La digestión anaeróbica se produce en ausencia de oxígeno. En el proceso, la degradación de la materia orgánica se consigue gracias a la actividad de los microorganismos, que la transforman en un gas con alto contenido energético (biogás) y otros productos que pueden utilizarse para producir productos secundarios.

Table 7. Comparación general de los procesos bioquímicos y termoquímicos [18]

Termoquímicos	Bioquímicos
Se aplica eficazmente a casi cualquier materia prima de biomasa	Implica el uso de microbios, enzimas y/o productos químicos
Sin tratamiento previo	El pretratamiento es esencial
Productividad relativamente más alta debido a la naturaleza completamente química de la reacción	La productividad es limitada debido a la conversión biológica
Posibilidad de obtener múltiples productos de alto valor mediante la separación fraccionada de productos	Normalmente, se limita a uno o pocos productos y requeriría microbios adicionales, enzimas para más productos
Independiente de las condiciones climáticas	Mayormente susceptible a la temperatura ambiente, digestor anaeróbico
Utilización completa de residuos/biomasa	Producción de residuos secundarios como lodos de biomasa
Menor tiempo de reacción	Tiempo de reacción elevado

6.3 Ventajas e inconvenientes de la biomasa

Algunas ventajas del uso de la biomasa como fuente de energía son [19]:

ADVANTAGE

- Es una fuente de energía renovable.
- Ayuda a reducir los volúmenes de residuos, con la ventaja añadida de su aprovechamiento.
- Se encuentra en grandes cantidades.
- No supone un mayor impacto que el efecto invernadero, ya que cuando se utiliza como combustible provoca una menor emisión de gases nocivos para el medio ambiente.
- Es bastante económico.
- Puede beneficiar económicamente a los sectores Rurales

También hay algunos inconvenientes, entre ellos:

DISADVANTAGE

- Su alcance es todavía limitado.
- Su rendimiento es inferior al de otros tipos de fuentes de energía, como los combustibles fósiles.
- Las plantas de biomasa requieren un gran terreno disponible para su producción y mucho espacio para su posterior almacenamiento.
- Puede provocar la deforestación.
- Sus canales de distribución no están suficientemente desarrollados.
- Puede encarecer el precio de algunos alimentos que consumen las personas y los animales porque se utilizan ciertos cultivos para la producción de esta fuente de energía.
- La energía de la biomasa no es tan eficiente como los combustibles fósiles.

El uso de la biomasa en el mundo difiere según cada país. Sigue siendo la principal fuente de energía en los países menos desarrollados. En algunas zonas de Asia, África y América Latina, dos tercios de la energía generada proceden de la biomasa. En cambio, países como Finlandia o el Reino Unido están a la vanguardia en el uso de la biomasa como fuente de energía y utilizan procesos de transformación más complejos. Por ejemplo, Finlandia cubre con biomasa el 50% de sus necesidades de calor y el 20% de su consumo de energía primaria.

[Interaktivní prvek](#)

Interaktivní prvek

CHAPTER 7

Energía Geotérmica

La primera planta geotérmica se construyó en 1904 en Larderello (Italia). Aunque la energía geotérmica se explota desde hace más de 100 años, es menos conocida que otras fuentes de energía alternativas, como la solar fotovoltaica y la eólica.

DEFINITION

La energía geotérmica es la energía térmica generada y almacenada bajo la corteza terrestre. Es un recurso energético renovable que no requiere la combustión de ningún material, lo que evita las emisiones de dióxido de carbono.

La energía geotérmica se obtiene aprovechando el calor almacenado en las rocas, los suelos y las aguas subterráneas, sea cual sea su temperatura y profundidad. Para explotar este tipo de energía, es necesario perforar la superficie de la tierra a 1,6 millas o más de profundidad para llegar a un depósito de vapor o agua caliente. Por regla general, cuanto más profundo se perfora, más calor se obtiene.

Las aplicaciones geotérmicas dependen de la temperatura del recurso geotérmico. Así, los yacimientos geotérmicos de alta temperatura, por encima de los 100 °C, pueden utilizarse para generar electricidad. El calor se utiliza para calentar el agua para producir vapor y accionar una turbina conectada a un generador para la producción de electricidad. Cuando la temperatura del yacimiento es inferior a 100 °C, el calor se utiliza directamente para proporcionar calefacción y refrigeración en los hogares y las empresas mediante el uso de bombas de calor. Por último, los depósitos de baja temperatura, por debajo de 25-30 °C, se utilizan en aplicaciones de aire acondicionado y para obtener agua caliente.

7.1 Cómo funciona

La energía geotérmica se genera en una planta geotérmica. Se perforan pozos para llegar a un depósito de vapor o agua caliente. Las plantas geotérmicas se sitúan cerca de regiones tectónicamente activas donde el potencial de energía geotérmica es elevado. La siguiente figura ilustra el funcionamiento de una planta geotérmica [20].

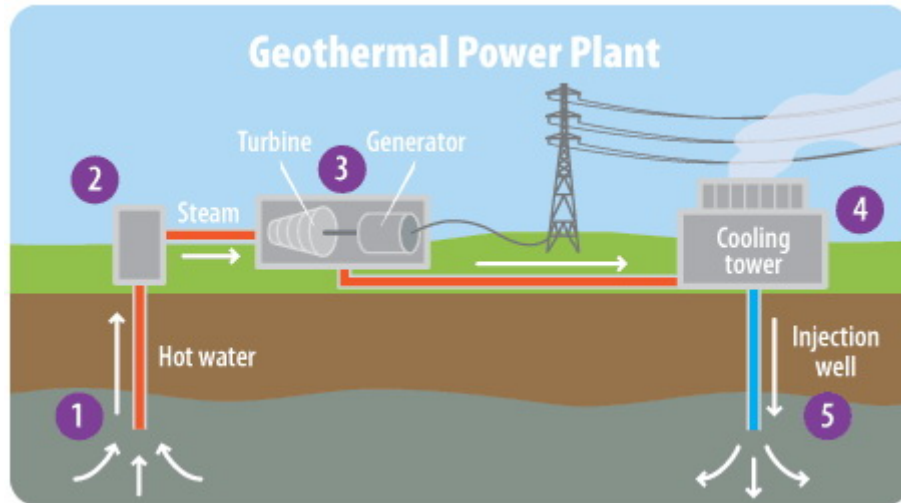


Fig. 11. Diagrama de planta geotérmica [20].

1. El agua caliente se bombea desde las profundidades del subsuelo a través de un pozo a alta presión
2. Cuando el agua llega a la superficie, la presión disminuye, lo que hace que el agua se convierta en vapor.
3. El vapor hace girar una turbina, que está conectada a un generador que produce electricidad.
4. El vapor se enfría en una torre de refrigeración y se condensa de nuevo en agua.
5. El agua enfriada se bombea de nuevo a la tierra para comenzar el proceso de nuevo.

7.2 Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica

La energía geotérmica tiene algunas ventajas sobre los combustibles fósiles, pero también sobre otras energías renovables como la solar y la eólica. Algunas de estas ventajas son [21]:

ADVANTAGE

- En comparación con los combustibles fósiles, la energía geotérmica es más limpia, a menudo sin emisiones, y más barata.
- Está disponible constantemente. A diferencia de otras energías renovables, no importa si es de día o de noche o cuáles sean las condiciones meteorológicas del momento.
- Se puede producir a nivel nacional y con menos superficie de terreno que la energía eólica y solar.
- Funciona muy bien para la calefacción y la refrigeración

A pesar del gran número de ventajas que tiene la energía geotérmica, también existen algunos inconvenientes que hay que tener en cuenta:

DISADVANTAGE

- La producción se limita a lugares cercanos a los límites de las placas tectónicas.
- Costes iniciales elevados. Aunque es más barato que los combustibles fósiles una vez que se ha construido una planta, la perforación y exploración de estos lugares es cara.
- Riesgo de liberar accidentalmente gases de efecto invernadero en el proceso
- Puede desencadenar una inestabilidad en la superficie que puede provocar terremotos.
- Sólo se puede generar electricidad a escala industrial. En el caso de los hogares, la energía geotérmica sólo puede utilizarse para la calefacción y la refrigeración.

7.3 La energía geotérmica en el mundo.

Estados Unidos es el primer productor de energía geotérmica del mundo, con 16.700 millones de kWh al año, con una capacidad instalada de 3.639 MW, según datos de 2020. El complejo geotérmico Geysers, con sede en San Francisco (California), está compuesto por 18 plantas geotérmicas y es la mayor instalación geotérmica del mundo.

A Estados Unidos le sigue Indonesia con una capacidad instalada de 2.133 MW, seguida de Filipinas con 1.918 MW, Turquía con 1.688 MW y Nueva Zelanda con 1.005 MW. Estos países forman lo que se conoce como el club de los países de 1GW [22].

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 8

Test

La producción de energía solar fotovoltaica en la producción mundial de electricidad representa el

- 10 % de la producción total de electricidad
- 7 % de la producción total de electricidad
- 5,5 % de la producción total de electricidad
- 2,8 % de la producción total de electricidad

La fuente de energía más antigua explotada por el ser humano es

- Energía solar fotovoltaica
- energía eólica
- Energía geotérmica
- Energía hidroeléctrica

Los aerogeneradores de eje horizontal utilizados en la producción de energía eólica se denominan

- HAWTs
- VAWTs
- HTWAs
- A1WT

El país con más capacidad eólica instalada es

- España
- USA
- China
- India

Biomasa natural

- Se produce espontáneamente en la naturaleza
- No se puede controlar
- Utiliza los residuos de la industria
- Utiliza los residuos de las actividades agrícolas

Conversión termo-química

- depende de las condiciones climáticas
- necesita un alto tiempo de reacción
- Es independiente de las condiciones climáticas
- Necesita un tratamiento previo esencial

La biomasa como fuente de energía

- No ayuda a reducir los residuos
- Puede beneficiar económicamente a los sectores rurales
- Puede reducir la deforestación
- Tiene unos costes iniciales muy elevados

La energía que sigue siendo la principal fuente de energía en los países menos desarrollados es

- Biomasa
- Energía solar

- Energía geotérmica
- Energía hidroeléctrica

Una de las desventajas de la energía geotérmica es que

- No se puede producir en el país
- Los costes iniciales son muy elevados
- Depende de las condiciones meteorológicas
- No se puede utilizar para calentar

La energía de los fotones depende de

- Temperatura
- frecuencia
- Voltaje
- corriente eléctrica

¿Quién descubrió el efecto fotovoltaico?

- Albert Einstein
- Johann Heinrich Lambert
- Edmund Bequerel
- Max Plank

¿Qué son las condiciones estándar (STC) de irradiación y temperatura?

- Temperatura de 20°C e irradiación de 800W/m²
- Temperatura de 30°C e irradiación de 800W/m²
- Temperatura de 0°C e irradiación de 900W/m²
- Temperatura de 25°C e irradiación de 1000W/m²

¿Qué significa H2 gris?

- H2 producido a partir de fuentes de energía de origen fósil
- H2 producido para aplicaciones en automóviles
- H2 producido a partir de energía nuclear
- H2 utilizado en aplicaciones de calefacción

¿Qué significa H2 verde?

- H2 producido a partir de fuentes de energía de origen fósil
- H2 producido a partir de fuentes de energía renovables
- H2 para aplicaciones químicas
- H2 utilizado en aplicaciones de transporte

¿Cómo generan electricidad las pilas de combustible?

- De la combustión del O2
- De la combustión de H2
- a partir de la energía química del H2
- de la energía química del O2