

Estudio del comportamiento de la radiación solar y su aprovechamiento

Study of the behavior of solar radiation and its use

Ing. Luis Miguel Rosabal Padrón

Ing. Javier A. León Martínez

Facultad de Cultura Física

Departamento de Didáctica de la Educación Física (DDEF)

Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”.

Autopista Nacional, carretera Tapaste, km 23 ½, San José de Las Lajas,

Mayabeque

*Autor para correspondencia: luispp@unah.edu.cu, jleon@unah.edu.cu

Resumen

Para la producción de energía se emplean los combustibles fósiles, los cuales se encuentran agotándose constantemente además de presentar un impacto negativo en el medio ambiente, producto de los gases contaminantes que se generan a partir de su uso. Con el fin de buscar soluciones al problema del agotamiento y la contaminación, el hombre se ha centrado en la búsqueda de nuevos métodos de obtención de energía. La radiación solar es una alternativa y puede ser transformada tanto en energía eléctrica como en calor según el dispositivo que se emplee. Por tal motivo es de gran importancia el desarrollo en el sector de las fuentes renovables de energía, ya que son limpias, inagotables y altamente confiables.

Palabras clave: Radiación solar, alternativa, medio ambiente

Summary:

Fossil fuels are used for energy production, which are constantly being depleted in addition to presenting a negative impact on the environment, as a result of the polluting gases that are generated from their use. In order to find solutions to the problem of depletion and pollution, man has focused on finding new methods of obtaining energy. Solar radiation is an alternative and can be transformed into both electrical energy and heat depending on the device used. For this reason, the development of renewable energy sources in the sector is of great importance, since they are clean, inexhaustible and highly reliable.

Keywords: preparation, methodological work, organizational forms, meeting class, methodological class

Recibido: 10 de enero de 2022

Aprobado:2 de febrero de 2022

Introducción

Con el transcurso del tiempo, el consumo de combustibles fósiles para la producción de energía ha aumentado significativamente. Por ello el hombre se ha centrado en la búsqueda de nuevas alternativas con el fin de sustituir a estos y disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, que son el resultado de su uso.

Desde la antigüedad los seres humanos han utilizado los recursos energéticos renovables para satisfacer determinadas necesidades. La energía producida por el viento ha sido empleada por siglos en los barcos de velas para transportarse, así como en molinos de viento para triturar granos. La energía solar ha sido y es utilizada para fines de calefacción en hogares, partiendo del empleo de ventanas de vidrio para capturar el calor proveniente del sol.

La participación de tecnologías energéticas renovables presenta una tendencia al crecimiento a nivel mundial. La misma se estima en alrededor de un 20 % anual, si se tienen en cuenta todas sus manifestaciones. La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para poner en explotación las diversas fuentes renovables de energía, por ser limpias y sobre todo sostenibles. Los mayores progresos se observan en las energías eólica y fotovoltaica. Avances importantes se aprecian además en el uso de los biocombustibles y en el empleo de los desechos. Se prevé, por tanto, que en los próximos diez años, las fuentes renovables de energía tendrán una participación decisiva

Introduction

Over time, the consumption of fossil fuels for energy production has increased significantly. For this reason, man has focused on the search for new alternatives in order to replace these and reduce the emissions of polluting gases into the atmosphere, which are the result of their use.

Since ancient times, humans have used renewable energy resources to satisfy certain needs. The energy produced by the wind has been used for centuries in sailing ships to transport themselves, as well as in windmills to crush grain. Solar energy has been and is used for heating purposes in homes, starting with the use of glass windows to capture the heat from the sun.

The participation of renewable energy technologies shows a growing trend worldwide. It is estimated at around 20% per year, if all its manifestations are taken into account. Most developed countries invest millions of dollars to put into operation the various renewable sources of energy, because they are clean and above all sustainable. The greatest progress is seen in wind and photovoltaic energy. Important advances are also seen in the use of biofuels and in the use of waste. It is therefore expected that in the next ten years, renewable energy sources will play a decisive role in the world energy balance (De Lorenzo, 2009).

en el balance energético mundial (De Lorenzo, 2009).

Nuestro país ha comenzado una transformación paulatina de la economía, con el objetivo de disminuir los consumos excesivos de petróleo y otros portadores energéticos. Por ello, se ha experimentado una tendencia creciente en las inversiones en instalaciones basadas en energías alternativas; que permitan reducir la dependencia económica que tiene sobre el petróleo y disminuya la carga contaminante que genera la producción de electricidad a partir de esa fuente de energía. En ese sentido se han encaminado un grupo de proyectos referidos a la posibilidad de utilizar las fuentes de energía alternativas, principalmente la eólica y la de energía solar mediante paneles de celdas fotovoltaicas (Aguini, 2001).

La radiación solar es la principal fuente primaria de energía, es prácticamente no contaminante, está distribuida territorialmente y su disponibilidad potencial es muy superior a las necesidades del hombre. Por lo tanto, **la energía fotovoltaica** es una de las fuentes alternativas que Cuba viene desarrollando, la misma es una opción de energización rural promovida principalmente en lugares alejados de las redes del Sistema Electroenergético Nacional, con lo cual se aprovecha el alto nivel de radiación solar en el país (Bérriz, 2014).

Según la empresa ECOSOL (citada por Rodríguez, 2002), en cada metro cuadrado del territorio cubano se recibe diariamente una cantidad de energía solar equivalente a medio kilogramo de petróleo combustible o 5 KWh de energía eléctrica, lo que significa un ahorro significativo para el país y una prueba fehaciente de la sustentabilidad de esta fuente energética.

Es de gran importancia crear una cultura de energías renovables en nuestro país ya que el precio del petróleo en el mercado internacional continuará subiendo y con el correcto empleo y aprovechamiento de las fuentes renovables de

Our country has begun a gradual transformation of the economy, with the aim of reducing excessive consumption of oil and other energy carriers. For this reason, there has been a growing trend in investments in facilities based on alternative energies; that make it possible to reduce its economic dependence on oil and reduce the pollutant load generated by the production of electricity from that source of energy. In this sense, a group of projects has been directed regarding the possibility of using alternative energy sources, mainly wind and solar energy through photovoltaic cell panels (Aguini, 2001).

Solar radiation is the main primary source of energy, it is practically non-polluting, it is territorially distributed and its potential availability is much higher than the needs of man. Therefore, photovoltaic energy is one of the alternative sources that Cuba has been developing; it is an option of rural energization promoted mainly in places far from the networks of the National Electroenergetic System, which takes advantage of the high level of solar radiation in the country (Bérriz, 2014).

According to the ECOSOL company (cited by Rodríguez, 2002), in each square meter of Cuban territory an amount of solar energy equivalent to half a kilogram of fuel oil or 5 KWh of electrical energy is received daily, which means significant savings for the country and a reliable proof of the sustainability of this energy source.

It is of great importance to create a culture of renewable energy in our country since the price of oil in the international market will continue to rise and with the correct use and use of renewable energy sources, the costs of these

energía se pueden disminuir los gastos de estas fuentes no renovables. Se hace necesario que en la formación del profesional se encuentre el tema de estas fuentes de energía no contaminantes para que el mismo en un futuro pueda contribuir en el desarrollo de las mismas.

Desarrollo

Las fuentes renovables de energía y su importancia en la solución de la crisis energética global

En la actualidad, uno de los temas de debate más controvertidos es el de la crisis energética. En este debate participan tantos ecologistas y Organizaciones No Gubernamentales (ONG) como grandes multinacionales, gobiernos de países productores de petróleo, organismos de investigación y reguladores, y ciudadanos en general; si analizamos cuidadosamente la magnitud de las consecuencias de este problema nos damos cuenta de que afecta a toda la humanidad en general. Con el transcurso del tiempo, cada vez más tomamos conciencia de este problema y tratamos de tomar medidas tanto preventivas como correctivas para solucionarlo. Basándonos en la conclusión lógica de que es necesario conocer las causas y características básicas del problema para poder afrontarlo con seguridad y eficacia (Bérriz, 2014).

Esto nos lleva a darnos cuenta de que hechos como la subida de precios tienen una causa más profunda, y esta es la escasez de los recursos energéticos, en especial el petróleo. Dicho de forma más simple: la disponibilidad del petróleo es cada vez menor, y esto tiene consecuencias en el precio del mismo, por el básico principio económico de oferta y demanda, puesto que las reservas mundiales del mismo se están agotando, y esta misma situación se extiende a otros recursos naturales, llamados, por esta razón, no renovables. Sin estudiar demasiado la cuestión, podemos imaginar cómo los distintos factores repercuten en otros, hasta producirse la crisis

non-renewable sources can be reduced. It is necessary that in the training of the professional the issue of these non-polluting energy sources be found so that in the future they can contribute to their development.

Development

Renewable sources of energy and their importance in solving the global energy crisis

Currently, one of the most controversial topics of debate is that of the energy crisis. As many environmentalists and Non-Governmental Organizations (NGOs) as large multinationals, governments of oil-producing countries, research and regulatory bodies, and citizens in general participate in this debate; If we carefully analyze the magnitude of the consequences of this problem, we realize that it affects all of humanity in general. As time goes by, we increasingly become aware of this problem and try to take both preventive and corrective measures to fix it. Based on the logical conclusion that it is necessary to know the causes and basic characteristics of the problem in order to face it safely and effectively (Bérriz, 2014).

This leads us to realize that events such as the rise in prices have a deeper cause, and this is the shortage of energy resources, especially oil. Put more simply: the availability of oil is less and less, and this has consequences on its price, due to the basic economic principle of supply and demand, since the world reserves of it are being depleted, and this same situation it extends to other natural resources, called, for this reason, non-renewable. Without studying the issue too much, we can imagine how different factors affect others, until the energy crisis occurs. Moreover, it is logical to think

energética. Y también es lógico pensar que la situación, si sigue su curso natural, tenderá a agravarse. Además, es necesario hacer notar que la crisis energética de un país influye mucho en su situación económica, hasta llegar a un estado de recesión (como por ejemplo, inflación en los precios). En particular, los costes de producción de electricidad crecen, lo que eleva los costes de las manufacturas. Para el consumidor, el precio del combustible para los automóviles aumenta, lo que lleva al consumidor a una reducción de sus gastos y a una menor confianza en el sistema (Romero, 2009).

La misma concientización sobre el problema energético ha llevado a incrementar el interés en la investigación de combustibles y energías alternativas tales como la tecnología de la célula de combustible, del hidrógeno, del metanol, del biocombustible, de la energía solar, de la energía de las mareas y de la energía eólica. Hasta ahora, únicamente la energía hidroeléctrica y la energía nuclear han mostrado ser alternativas significativas al combustible fósil (Álvarez, 2009).

Si prestamos suficiente atención, nos daremos cuenta de que estas dos energías ya se están utilizando mucho en la actualidad (la fisión nuclear y la energía hidroeléctrica son incluso las técnicas más usadas para obtener electricidad), y esto es algo muy importante para tener en cuenta a la hora de establecer una transición viable entre el petróleo y energías renovables. Esta transición es crítica, pues el cambio del tipo de energía en cuestión tiene profundas consecuencias en la vida de las personas, en la infraestructura de servicios y hasta en los sistemas económicos de los países del mundo. Parece ser que las dos energías mencionadas no suscitan ningún inconveniente en este sentido (Romero, 2013).

En total, tenemos cinco alternativas ante la desaparición del combustible fósil. Estas prueban ser realmente viables para una

that the situation, if it follows its natural course, will tend to worsen. In addition, it is necessary to note that the energy crisis of a country greatly influences its economic situation, until it reaches a state of recession (such as price inflation). In particular, the costs of electricity production are growing, which raises the costs of manufacturing. For the consumer, the price of fuel for automobiles increases, which leads the consumer to reduce their expenses and to lower confidence in the system (Romero, 2009).

The same awareness about the energy problem has led to increased interest in research on alternative fuels and energies such as fuel cell technology, hydrogen, methanol, biofuel, solar energy, energy from tides and wind power. Until now, only hydroelectric energy and nuclear energy have been shown to be significant alternatives to fossil fuel (Álvarez, 2009).

If we pay enough attention, we will realize that these two energies are already being used a lot today (nuclear fission and hydroelectric energy are even the most used techniques to obtain electricity), and this is something very important to take into account in establishing a viable transition between oil and renewable energy. This transition is critical, since the change in the type of energy in question has profound consequences on people's lives, on the infrastructure of services and even on the economic systems of the countries of the world. It seems that the two energies mentioned do not cause any inconvenience in this regard (Romero, 2013).

In total, we have five alternatives to the disappearance of fossil fuel. These prove to be viable for a proper transition, mainly because

transición adecuada, fundamentalmente porque el hecho de que ya se estén usando y ya estén en desarrollo evita el inconveniente de crear una nueva infraestructura; además resultan también adecuadas económicamente y ecológicamente, pues son todas energías no contaminantes y totalmente naturales (Cabrera, 2006).

La radiación solar como fuente de energía

La energía solar es la fuente principal de vida en el planeta Tierra. La misma rige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos, tales como el del oxígeno, el del agua, el del carbono y el clima. También es originaria de casi todas las fuentes de energía renovables (la energía mareomotriz, energía de la biomasa, la energía hidroeléctrica, la energía eólica y de la energía solar), además, las plantas utilizan este flujo de energía para la realización de la fotosíntesis la que hace posible la vida (Gudiño, 1995; Arrastía y Limia, 2011; Guardado y Berriz, 2014).

La Tierra en un año absorbe la energía solar equivalente a veinte veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles de todo el mundo y es diez mil veces superior al consumo actual Guevara (2003); Moreno (2014).

En el planeta la actividad solar influye en muchos fenómenos (las alteraciones climáticas terrestres están relacionadas con las manchas solares); el incremento de actividad solar (figura 1.1) provoca alteraciones del campo magnético terrestre, las ráfagas o llamaradas solares son responsables de las tormentas geomagnéticas las cuales producen apagones en plantas eléctricas, interferencia en la comunicación vía satélite y aparición del fenómeno luminoso o aurora boreal o austral, depende del hemisferio terrestre donde se presente el fenómeno. Otra forma de utilizar la energía solar es como fuente de sustento en

the fact that they are already being used and are already under development avoids the inconvenience of creating a new infrastructure; Furthermore, they are also economically and ecologically adequate, since they are all non-polluting and totally natural energies (Cabrera, 2006).

Solar radiation as an energy source

Solar energy is the main source of life on planet Earth. It governs biophysical, geophysical, and chemical cycles, such as oxygen, water, carbon, and climate. It is also native to renewable energy sources (tidal energy, biomass energy, hydroelectric energy, wind energy and solar energy); in addition, plants use this energy flow to carry out photosynthesis the one that makes life possible (Gudiño, 1995; Arrastía and Limia, 2011; Guardado and Berriz, 2014).

The Earth in one year absorbs solar energy equivalent to twenty times the energy stored in all fossil fuel reserves around the world and is ten thousand times higher than current consumption (Guevara, 2003; Moreno, 2014).

On the planet, solar activity influences many phenomena (terrestrial climatic alterations are related to sunspots); increased solar activity (figure 1.1) causes alterations in the earth's magnetic field, solar bursts or flares are responsible for geomagnetic storms which produce blackouts in power plants, interference in satellite communication and the appearance of the luminous phenomenon or aurora borealis or austral, depends on the terrestrial hemisphere where the phenomenon occurs. Another way to use solar energy is as a source of sustenance in other kinds of energy that are

otras clases de energía las cuales son aprovechables para el hombre (Meyer, 2007).

usable for man (Meyer, 2007).



Figura. 1.1. Actividad solar.

Figure. 1.1. Solar activity.

La utilización de la energía solar puede ser aprovechada de forma pasiva sin la implicación de ningún aparato específico. En los edificios con una adecuada ubicación y orientación, se pueden emplear las propiedades fisicoquímicas de los materiales y los elementos arquitectónicos de los mismos: aislamientos, protecciones y tipos de revestimientos, etc. (Gudiño, 1995).

Para climatizar los edificios se pueden emplear los criterios de arquitectura bioclimática, y con ello eliminar casi por completo la necesidad de iluminarlos de forma artificial durante el día. Estas prácticas arquitectónicas contrastan con la tendencia a instalar cada vez más aparatos de climatización y aire acondicionado (figura 1.2) que consumen una gran cantidad de energía (García, 2006).

The use of solar energy can be used passively without the involvement of any specific device. In buildings with a suitable location and orientation, the physicochemical properties of the materials and their architectural elements can be used: insulation, protection and types of coatings, etc. (Gudiño, 1995).

To air-condition buildings, bioclimatic architecture criteria can be used, thus almost completely eliminating the need to artificially illuminate them during the day. These architectural practices contrast with the tendency to install more and more air conditioning and air conditioning devices (figure 1.2) that consume a large amount of energy (García, 2006).



Figura. 1.2. Aire acondicionado.

Figure. 1.2. Air conditioning.

En la tierra se puede aprovechar la radiación solar incidente de forma activa, con la implementación de aparatos ópticos (figura 1.3) o de otro tipo. Es una forma de energía limpia y renovable la cual se conoce como energía verde. Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad. El calor se logra mediante los captadores o colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos o celdas fotovoltaicas. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología ni en su aplicación (Bérriz, 2008a; Barrientos, 2017).

On earth, the incident solar radiation can be used actively, with the implementation of optical devices (figure 1.3) or of another type. It is a form of clean and renewable energy that is known as green energy. Basically, by properly collecting solar radiation, we can obtain heat and electricity. The heat is achieved through the thermal collectors or collectors, and the electricity, through the so-called photovoltaic modules or cells. Both processes have nothing to do with each other, neither in terms of their technology nor in their application (Bérriz, 2008a; Barrientos, 2017).



Figura. 1.3. Calentador solar de agua.

Figure. 1.3. Solar water heater.

Los sistemas de aprovechamiento térmico los cuales producen calor el cual puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a hogares, hoteles, colegios, fábricas, entre otros (Scheer, 2002).

En la agricultura las aplicaciones son muy amplias. Se puede obtener mayores y más tempranas cosechas con los invernaderos solares, los secaderos agrícolas consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, pueden funcionar plantas de purificación o desalinización de aguas sin

Thermal utilization systems that produce heat which can be used to satisfy numerous needs. Example, you can get hot water for consumption domestic or industrial, or to heat homes, hotels, schools, factories, among others (Scheer, 2002).

In agriculture, the applications are very wide. Larger and earlier harvests can be obtained with solar greenhouses, agricultural dryers consume much less energy if combined with a solar system, water purification or desalination plants can operate without consuming any type of fuel (Joliet, 1991; Barrientos, 2017).

consumir ningún tipo de combustible (Joliet, 1991; Barrientos, 2017). Fundamentos físicos de la obtención de energía a partir de la radiación solar

El sol es una estrella enana amarilla, que tiene un radio de $0,695 \cdot 10^9 m$ y está situado a una distancia media de $1,5 \cdot 10^{11} m$ respecto a la tierra Halliday y Resnick (2003). El proceso de transmisión de calor se efectúa desde el mismo en forma de radiación donde la energía se transmite en forma de ondas electromagnéticas (Grossi, 2005).

Diversos autores refieren que el Sol emite radiación en toda la gama del espectro electromagnético. En términos de frecuencia, se puede ordenar el espectro electromagnético en orden creciente de la siguiente manera (tabla 1.1): bajas frecuencias, radio difusión, ondas cortas, luz infrarroja, luz visible, luz ultravioleta, rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos (Boero y Blengio, 2009; Bérriez, 2014).

Physical fundamentals of obtaining energy from solar radiation

The sun is a yellow dwarf star, which has a radius of $0,695 \cdot 10^9 m$ and is located at an average distance of $1,5 \cdot 10^{11} m$ from the earth Halliday and Resnick (2003). The heat transmission process is carried out from it in the form of radiation where the energy is transmitted in the form of electromagnetic waves (Grossi, 2005).

Various authors refer that the Sun emits radiation in the entire range of the electromagnetic spectrum. In terms of frequency, the electromagnetic spectrum can be arranged in increasing order as follows (Table 1.1): low frequencies, radio diffusion, short waves, infrared light, visible light, ultraviolet light, X-rays, gamma rays and cosmic rays (Boero and Blengio, 2009; Bérriez, 2014).

Tabla 1.2. Distribución espectral de la radiación solar.

Table 1.2. Spectral distribution of solar radiation.

Parámetro	Tipo de radiación			
	Luz ultravioleta	Luz visible	Luz infrarroja	Total
Rango de longitudes de onda, <i>nm</i> .	0,00-0,38	0,38-0,78	0,78-inf.	0,00-inf.
Energía irradiada, <i>W/m²</i> .	96	650	627	1373
Contenido energético, %.	7,0	47,3	45,7	100

Según Falcón (2001), la radiación térmica es aquel tipo de radiación electromagnética que emiten los cuerpos a expensas de su energía interna. La misma se caracteriza fundamentalmente porque:

- Ocurre a cualquier temperatura;
- En ella se alcanza el equilibrio térmico;
- Este equilibrio tiene carácter dinámico, o sea que el cuerpo en este estado no deja de absorber ni de

According to Falcón (2001), thermal radiation is that type of electromagnetic radiation emitted by bodies at the expense of their internal energy. It is fundamentally characterized because:

- Occurs at any temperature;
- In it thermal equilibrium is reached;
- This balance has a dynamic character, that is, the

emitir energía.

Así mismo, señala que un modelo conocido como cuerpo negro es el que se utiliza para estudiar la radiación térmica. El mismo tiene las siguientes características:

- Un cuerpo negro es aquel que absorbe toda la radiación que incide sobre él, sin transmitir o reflejar alguna, independientemente del ángulo de incidencia, de la composición espectral y del estado de polarización de dicha radiación;
- El cuerpo negro, por ser el mejor absorbedor, también es el mejor emisor de radiación térmica;
- Para una temperatura y longitud de onda establecida, ninguna superficie puede emitir más energía que el cuerpo negro;
- Aunque la radiación emitida por un cuerpo negro es una función de la longitud de onda y la temperatura, es independiente de la dirección de incidencia de la radiación absorbida. Por ello se puede decir que el cuerpo negro es un emisor difuso.

El Sol como el resto de las estrellas emite radiación térmica y por lo que se puede considerar un cuerpo negro. Por tanto la energía radiante emitida por el Sol, según la ley de Steffan-Boltzman (Blanch, 1999), viene dada por:

$$q = \sigma \cdot T^4, W/m^2 \quad (1.1)$$

donde:

T : temperatura absoluta del cuerpo, K ;

σ : constante de Steffan Boltzman, $W/m^2 \cdot K^4$.

La temperatura de las capas más externas del Sol puede determinarse a través de la ecuación relacionada con la ley de Wien donde:

$$T = \frac{b}{\lambda}, K \quad (1.2)$$

donde:

b : constante de Wien, $\text{Å}K$;

body in this state does not stop absorbing or emitting energy.

Likewise, he points out that a model known, as a black body is the one used to study thermal radiation. It has the following characteristics:

- A black body is one that absorbs all the radiation that falls on it, without transmitting or reflecting any, regardless of the angle of incidence, the spectral composition and the state of polarization of said radiation;
- The black body, being the best absorber, is also the best emitter of thermal radiation;
- For a set temperature and wavelength, no surface can emit more energy than the black body;
- Although the radiation emitted by a black body is a function of wavelength and temperature, it is independent of the direction of incidence of the absorbed radiation. Therefore, it can be said that the black body is a diffuse emitter.

The Sun, like the rest of the stars, emits thermal radiation and so it can be considered a black body. Therefore, the radiant energy emitted by the Sun, according to the Steffan-Boltzman law (Blanch, 1999), is given by:

$$q = \sigma \cdot T^4, W/m^2 \quad (1.1)$$

where:

T : absolute body temperature, K ;

σ : Stefan Boltzmann's constant, $W/m^2 \cdot K^4$.

The temperature of the outermost layers of the Sun can be determined through the equation related to Wien's law where:

$$T = \frac{b}{\lambda}, K \quad (1.2)$$

where:

λ : longitud de onda, Å.

La constante de Wien tiene un valor de $2,897 \cdot 10^7$ (AK), y la longitud de onda de la radiación para la cual ocurre el máximo valor del poder emisivo espectral, que para el caso del Sol, tiene un valor aproximado de 5000 Å. Luego, la temperatura de las capas más externas del Sol es aproximadamente de 5800 K. A partir de esta temperatura se puede determinar la energía radiante emitida por unidad de tiempo según la ecuación (1.1), la que tiene un valor de $64,1 \cdot 10^6$ W/m², si se afecta este valor por el radio solar, tenemos que el flujo de energía emitida por su superficie es:

$$l = 4 \cdot \pi \cdot q \cdot r_{sol}^2 = 3,84 \cdot 10^{26} \text{ W} \quad (1.3)$$

donde:

r_{sol} : radio del sol, m.

El flujo energético que radia del sol se considera que no sufre ninguna alteración durante el trayecto por el espacio exterior fuera de la atmósfera terrestre, también es conocido que el flujo energético que radia el Sol en todas direcciones debe atravesar cualquier superficie esférica hipotética que sea concéntrica con el mismo. En particular debe ser igual al flujo energético que atraviesa una esfera de radio igual a la distancia media Sol-Tierra (Incropera, 1996; Grossi, 2005). A este valor se le conoce como constante solar y se determina:

$$q'' = \frac{l}{4 \cdot \pi \cdot r_{tierra-sol}^2} = 1358 \text{ W/m}^2 \quad (1.4)$$

donde:

$r_{tierra-sol}$: distancia de la Tierra al Sol, m.

La tierra en su órbita cuasi-elíptica el calor que incide sobre ella dependerá del lugar donde se encuentre en ese momento, existiendo valores máximos y mínimos de radiación a lo largo de su trayecto Blanch (1999).

La radiación de los cuerpos varía en dependencia

b : Wien's constant, ÅK;

λ : wavelength, Å.

The Wien constant has a value of $2,897 \cdot 10^7$ (AK), and the wavelength of the radiation for which the maximum value of the spectral emissive power occurs, which in the case of the Sun, has an approximate value 5000 Å. Then, the temperature of the outermost layers of the Sun is approximately 5800 K. From this temperature, the radiant energy emitted per unit of time can be determined according to equation (1.1), which has a value of $64,1 \cdot 10^6$ W/m², if this value is affected by the solar radius, we have that the flow of energy emitted by its surface is:

$$l = 4 \cdot \pi \cdot q \cdot r_{sol}^2 = 3,84 \cdot 10^{26} \text{ W} \quad (1.3)$$

where:

r_{sun} : sun radius, m.

The energy flow radiating from the sun is considered not to undergo any alteration during the journey through outer space outside the Earth's atmosphere; it is also known that the energy flow radiating from the Sun in all directions must pass through any hypothetical spherical surface that is concentric with the same. In particular it must be equal to the flow energético que atraviesa una esfera de radio igual a la distancia media Sol-Tierra (Incropera, 1996; Grossi, 2005). A este valor se le conoce como constante solar y se determina:

$$q'' = \frac{l}{4 \cdot \pi \cdot r_{sun-earth}^2} = 1358 \text{ W/m}^2 \quad (1.4)$$

Where:

$r_{sun-earth}$: distance from Earth to Sun, m.

The earth in its quasi-elliptical orbit, the heat that falls on it will depend on where it is at that moment, with maximum and minimum radiation values along its path (Blanch, 1999).

The radiation of bodies varies depending on their

de su temperatura. A mayor temperatura ocurren dos cambios importantes en la radiación emitida Falcón (2001):

- La intensidad de la emisión es mayor, refiriéndose a que un mayor número de Watts por metro cuadrado abandonen el cuerpo;
- El color o tipo de radiación cambia hacia una menor longitud de onda, esto es del IR al VIS y al UV.

En la figura 1.4 se muestra la irradiación espectral-energía por unidad de tiempo, en la unidad de área, por unidad de longitud de onda, en función de la longitud de onda. La línea continua pero irregular corresponde a la irradiación observada, medida desde la Tierra.

temperature. At higher temperatures, two important changes occur in the radiation emitted (Falcón, 2001):

- The intensity of the emission is greater, referring to a greater number of Watts per square meter leaving the body;
- The color or type of radiation changes towards a shorter wavelength, that is, from IR to VIS and UV.

Figure 1.4 shows the spectral irradiance-energy per unit time, in unit area, per unit wavelength, as a function of wavelength. The solid but irregular line corresponds to the observed irradiation, measured from the Earth.

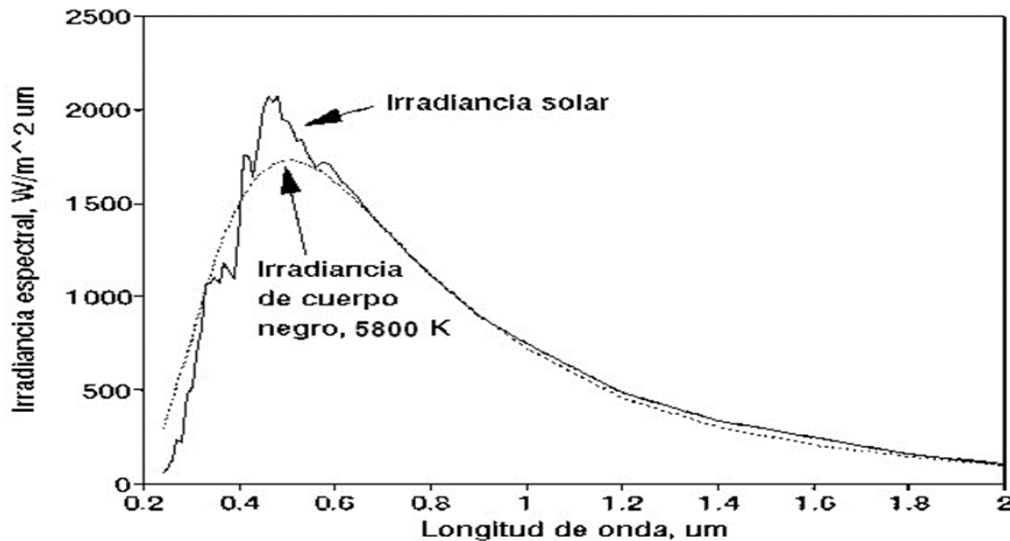


Figura. 1.4. Irradiación espectral del sol y de un cuerpo negro a 5800 K.

Figure. 1.4. Spectral irradiation of the sun and a black body at 5800 K.

La curva punteada representa la irradiación espectral que tendría un cuerpo negro que se encontrará a la temperatura de 5800 K. Esta temperatura corresponde a la que debería tener dicho radiador ideal para tener la misma emisión de energía que el Sol. Como puede observarse la radiación se concentra en la región de longitud de onda corta ($0,2 \leq \lambda \leq 3 \mu m$) del espectro térmico ocurriendo un pico a aproximadamente 0,5 μm (Budihardjo,

Figure 1.4 shows the spectral irradiance-energy per unit time, in unit area, per unit wavelength, as a function of wavelength. The solid but irregular line corresponds to the observed irradiation, measured from the Earth.

The dotted curve represents the spectral irradiance that a black body would have at a temperature of 5800 K. This temperature corresponds to what said ideal radiator should have to have the same energy emission as the

2002; Grossi, 2005).

Las mismas fuentes consultadas afirman que la radiación solar es reflejada dentro de la atmósfera, dispersada y absorbida por los componentes que la forman, como son O₂, CO₂, O₃, N₂, H₂O y partículas de polvo. La radiación solar de onda corta (UV) se absorbe principalmente por O₃, mientras que la radiación de onda larga se absorbe por el vapor de agua. La radiación reflejada y dispersada se convierte en radiación difusa y la que continúa su camino es la directa. Siendo entonces la radiación directa, la que se recibe directamente del Sol sin sufrir ninguna dispersión atmosférica. La radiación difusa es la que se recibe del Sol, después de ser desviada por dispersión atmosférica como se explicó anteriormente.

Por otro lado, se conoce como radiación terrestre la que proviene de objetos terrestres, por ejemplo, la que refleja una pared blanca, un charco o un lago, etc. Se conoce como radiación total, la suma de las radiaciones directa, difusa y terrestre que se reciben sobre una superficie. Por ejemplo, sobre una pared o una ventana, incide la radiación directa del Sol, la difundida por las nubes y por el cielo y, además, puede entrar la luz reflejada por algún otro objeto frente a la pared o ventana. Un caso particular, pero de mucho interés práctico en el estudio de la energía solar, es el medir la radiación total sobre una superficie horizontal orientada hacia arriba. En este caso puede considerarse que no existe radiación terrestre y se conoce también como radiación global. Por tanto, la radiación global es la suma de la directa más la difusa (Falcón, 2001).

Formas de aprovechamiento de la energía solar térmica

Un captador o colector para el aprovechamiento térmico de la energía solar, ya sea un calentador de agua, de aire o un secador, debe de ser un

Sun. it concentrates in the short wavelength region ($0.2 \leq \lambda \leq 3 \mu m$) of the thermal spectrum, with a peak occurring at approximately $0.5 \mu m$ (Budihardjo, 2002; Grossi, 2005).

The same sources consulted affirm that solar radiation is reflected within the atmosphere, dispersed and absorbed by the components that form it, such as O₂, CO₂, O₃, N₂, H₂O and dust particles. Short -wave (UV) solar radiation is absorbed mainly by O₃, while long-wave radiation is absorbed by water vapor. The reflected and scattered radiation becomes diffuse radiation and the one that continues on its way is the direct one. Being then direct radiation, that which is received directly from the Sun without suffering any atmospheric dispersion. Diffuse radiation is that which is received from the Sun, after being deflected by atmospheric scattering as explained above.

On the other hand, it is known as terrestrial radiation that comes from terrestrial objects, for example, that which reflects a white wall, a puddle or a lake, etc. It is known as total radiation, the sum of direct, diffuse and terrestrial radiation that is received on a surface. For example, on a wall or a window, the direct radiation of the Sun falls, that diffused by the clouds and the sky and, in addition, the light reflected by some other object in front of the wall or window can enter. A particular case, but of great practical interest in the study of solar energy, is to measure the total radiation on a horizontal surface oriented upwards. In this case, it can be considered that there is no terrestrial radiation and it is also known as global radiation. Therefore, global radiation is the sum of direct radiation plus diffuse radiation (Falcón, 2001).

Ways to use solar thermal energy

A collector or collector for the thermal use of solar energy, be it a water heater, air heater or a

equipo que capte un máximo de radiación solar, pierda un mínimo de energía, trabaje con alta eficiencia a la temperatura requerida, sea duradero, necesite un mantenimiento sencillo; además el costo debe de ser el mínimo. A veces algunos de estos factores se conjugan entre sí, tratando siempre de lograr un funcionamiento óptimo y la solución más económica (Bérriz, 2008a). Toda la radiación solar térmica puede ser convertida en calor, por lo que los calentadores solares pueden aprovechar la radiación de longitud de onda, ya sea infrarroja, visible o ultravioleta (Almanza, 2003).

La energía solar térmica se refiere al calor generado por la radiación solar. Esta energía se utiliza en aplicaciones industriales, comerciales y residenciales a través de tecnologías diferentes, que incluyen la producción de vapor, los sistemas de calefacción, los sistemas de refrigeración e incluso la generación de electricidad. Puede producir temperaturas que van desde los 45°C hasta más de 300°C, por lo cual es potencialmente útil para una amplia gama de sectores tales como el minero, el de alimentos y bebidas, así como para la manufactura de textiles, la producción química y la fabricación de pulpa y de papel (Bohorquez, 2013).

Entre las aplicaciones más notorias de la energía solar térmica se encuentran los llamados calentadores solares. Un calentador solar de agua es un *sistema fototérmico* capaz de utilizar la energía térmica del sol para el calentamiento de agua sin usar ningún tipo de combustible (Blanch, 1999; Bérriz, 2007b).

Se compone de: un colector solar plano, donde se captura la energía del sol y se transfiere al agua; un termotanque, donde se almacena el agua caliente; y un sistema de tuberías por donde circula el agua. En ciudades con baja temperatura, están provistos de anticongelantes que evitan que el agua se congele dentro del colector solar plano (ver figura 1.5)

dryer, must be a device that captures a maximum of solar radiation, loses a minimum of energy, works with high efficiency at the required temperature, be durable, need simple maintenance; also the cost must be the minimum. Sometimes some of these factors are combined with each other, always trying to achieve optimal operation and the most economical solution (Bérriz, 2008a). All solar thermal radiation can be converted into heat, so that solar heaters can take advantage of the radiation wavelength, be it infrared, visible or ultraviolet (Almanza, 2003).

Solar thermal energy refers to the heat generated by solar radiation. This energy is used in industrial, commercial and residential applications through different technologies, including steam production, heating systems, cooling systems, and even electricity generation. It can produce temperatures ranging from 45 ° C to more than 300 ° C, making it potentially useful for a wide range of sectors such as mining, food and beverage, as well as for textile manufacturing, production chemistry and pulp and paper manufacturing (Bohorquez, 2013).

Among the most notorious applications of solar thermal energy are the so-called solar heaters. A solar water heater is a photothermal system capable of using the sun's thermal energy to heat water without using any type of fuel (Blanch, 1999; Bérriz, 2007b).

It consists of: a flat solar collector, where the sun's energy is captured and transferred to the water; a hot water tank, where hot water is stored; and a system of pipes through which the water circulates. In cities with low temperatures, they are provided with antifreeze that prevent the water from freezing inside the flat solar collector (see figure 1.5)

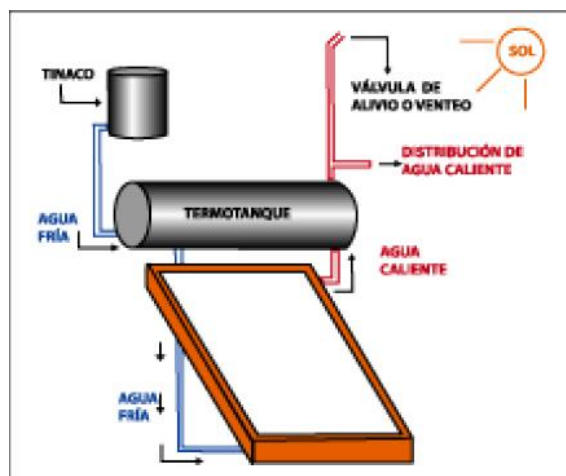


Figura 1.5. Componentes de un calentador solar.

Figure 1.5. Components of a solar heater

Los colectores solares térmicos o calentadores solares están divididos en tres clases:

- De baja temperatura: Generan temperaturas menores a 65° C. Son ideales para calentar piscinas, uso doméstico de agua y actividades industriales en las que el calor del proceso no sea mayor a 60° C (pasteurización, lavado, etc.);
- De temperatura media: Generan temperaturas de entre 100 y 300° C;
- De alta temperatura: Generan temperaturas mayores a 500°C, la cual se puede usar para generar electricidad y transmitirla a la red eléctrica; se instalan en regiones donde la posibilidad de días nublados es remota.

Otra de las aplicaciones que permiten aprovechar la energía solar térmica lo constituyen los secadores solares. Un secador solar es un equipo o instalación que utiliza la radiación solar

Los colectores solares térmicos o calentadores solares están divididos en tres clases:

- De baja temperatura: Generan temperaturas menores a 65° C. Son ideales para calentar piscinas, uso doméstico de agua y

Solar thermal collectors or solar heaters are divided into three classes:

- Low temperature: They generate temperatures below 65° C. They are ideal for heating swimming pools, domestic use of water and industrial activities in which the heat of the process is not higher than 60° C (pasteurization, washing, etc.);
- Medium temperature: They generate temperatures between 100 and 300° C;
- High temperature: They generate temperatures greater than 500°C, which can be used to generate electricity and transmit it to the electrical network; they are installed in regions where the possibility of cloudy days is remote.

Another of the applications that allow the use of solar thermal energy is made up of solar dryers. A solar dryer is a piece of equipment or installation that uses solar radiation

Solar thermal collectors or solar heaters are divided into three classes:

- Low temperature: They generate temperatures below 65° C. They are ideal for

actividades industriales en las que el calor del proceso no sea mayor a 60° C (pasteurización, lavado, etc.);

- De temperatura media: Generan temperaturas de entre 100 y 300° C;
- De alta temperatura: Generan temperaturas mayores a 500°C, la cual se puede usar para generar electricidad y transmitirla a la red eléctrica; se instalan en regiones donde la posibilidad de días nublados es remota.

Otra de las aplicaciones que permiten aprovechar la energía solar térmica lo constituyen los secadores solares. Un secador solar es un equipo o instalación que utiliza la radiación solar como fuente de energía para disminuir la humedad del producto o material a secar (Pérez, 2000).

Los secadores, al igual que los calentadores solares, utilizan el efecto invernadero como trampa de calor. En dependencia de cómo es transmitida esta energía al producto, pueden clasificarse en secadores de radiación solar directa, de radiación infrarroja, de conducción de calor y de convección de calor. Esta clasificación es convencional y en la mayoría de los secadores la transferencia de calor es por conducción, convección y radiación combinadas. No obstante, según el diseño, una forma de transferencia de calor al producto es preponderante y de ahí la validez de dicha clasificación.

Se entiende por secador de radiación solar directa el tipo de instalación en donde el producto recibe la radiación solar directamente en su superficie, la capta y se transforma en calor; es decir, que la superficie captadora de la radiación solar es el propio producto Sharma (2009). En este tipo de secador (Figura 1.6), el producto va colocado por lo general en bandejas de malla situadas dentro de una

heating swimming pools, domestic use of water and industrial activities in which the heat of the process is not higher than 60° C (pasteurization, washing, etc.);

- Medium temperature: They generate temperatures between 100 and 300° C;
- High temperature: They generate temperatures greater than 500°C, which can be used to generate electricity and transmit it to the electrical network; they are installed in regions where the possibility of cloudy days is remote.

Another of the applications that allow the use of solar thermal energy is made up of solar dryers. A solar dryer is an equipment or installation that uses solar radiation as a source of energy to reduce the humidity of the product or material to be dried (Pérez, 2000).

Dryers, like solar heaters, use the greenhouse effect as a heat trap. Depending on how this energy is transmitted to the product, they can be classified as direct solar radiation, infrared radiation, heat conduction and heat convection dryers. This classification is conventional and in most dryers heat transfer is by combined conduction, convection and radiation. However, depending on the design, one form of heat transfer to the product is preponderant and hence the validity of said classification.

Direct solar radiation dryer is understood as the type of installation where the product receives solar radiation directly on its surface, captures it and transforms it into heat; that is to say, that the solar radiation capturing surface is the product itself Sharma (2009).

In this type of dryer (Figure 1.6), the product is generally placed in mesh trays

cámara cubierta con una o dos láminas de vidrio, las cuales dejan pasar la radiación solar directamente hasta el producto. Al captar la radiación, el secador se calienta, por lo que aumenta la presión de vapor de agua en su superficie y se acelera el proceso de secado. Este secador es sencillo, barato, de fácil construcción y operación (Jairaj, 2009)

located inside a chamber covered with one or two glass sheets, which allow solar radiation to pass directly to the product. By capturing radiation, the dryer heats up, increasing the water vapor pressure on its surface and accelerating the drying process. This dryer is simple, cheap, easy to build and operate (Jairaj, 2009)

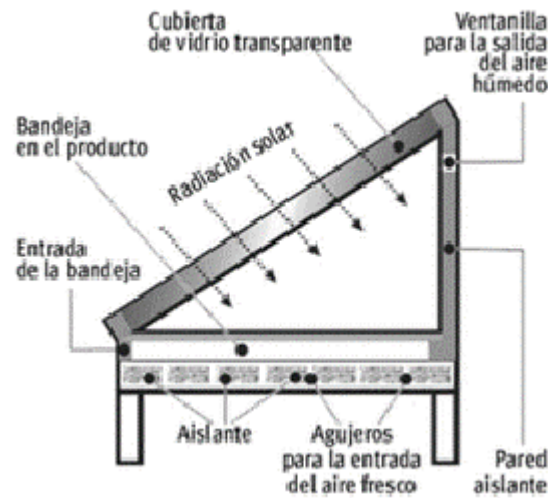


Figura 1.6. Secador solar de radiación directa.
Figure 1.6. Direct radiation solar dryer.

Sus principales inconvenientes son la baja eficiencia cuando el producto o material es mal absorbedor de la radiación solar (superficies blancas o muy claras); baja capacidad de la cámara de secado al no poderse colocar bandejas en columnas, ya que unas tapan a las otras; algunos productos pierden calidad (pérdidas de vitaminas y proteínas, decoloración, etc.) al contacto con la radiación solar directa.

En el secador solar de radiación infrarroja (Figura 1.7), la energía solar es captada por una superficie metálica ennegrecida que se calienta. El producto va colocado generalmente en bandejas hechas con mallas para dejar pasar el aire Sharma (2009).

Its main drawbacks are low efficiency when the product or material is a poor absorber of solar radiation (white or very light surfaces); low capacity of the drying chamber as it is not possible to place trays in columns, since some would cover the others; some products lose quality (loss of vitamins and proteins, discoloration, etc.) in contact with direct solar radiation.

In the infrared solar dryer (Figure 1.7), solar energy is captured by a blackened metal surface that is heated. The product is generally placed in trays made with mesh to allow air to pass through (Sharma, 2009)

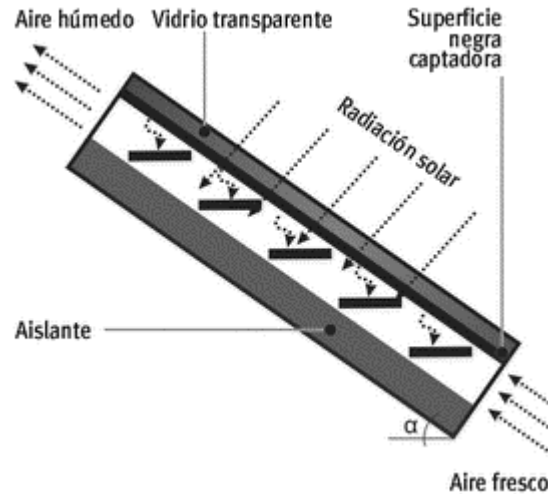


Figura 1.7. Secador solar de radiación solar infrarroja.

Figure 1.7. Infrared solar radiation solar dryer.

El material se calienta principalmente por la radiación infrarroja que recibe de la superficie captadora y, por lo tanto, no recibe directamente la luz solar; al calentarse acelera la evaporación de la humedad de su superficie.

La corriente de aire que extrae la humedad se regula por ventanillas de entrada y salida y por el cambio del ángulo de inclinación. El cambio de este ángulo sirve también para regular la temperatura, en caso de que se requiera.

El secador solar por convección de calor mostrado en la figura 1.8 transmite el calor, como su nombre lo indica, principalmente por el movimiento del aire caliente; por ello en este tipo de instalación la radiación solar es captada por calentadores de aire y después éste pasa a través del producto, donde eleva la temperatura y evapora el agua de la superficie. Este mismo aire arrastra la humedad del producto y produce su secado (Jairaj, 2009).

The material is heated mainly by the infrared radiation it receives from the collecting surface and, therefore, does not receive direct sunlight; when heated, it accelerates the evaporation of moisture from its surface.

The airflow that removes moisture is regulated by inlet and outlet windows and by changing the angle of inclination. Changing this angle also serves to regulate the temperature, if required.

The convection solar heat dryer shown in Figure 1.8 transmits heat, as its name implies, primarily by the movement of hot air; for air heaters capture this reason, in this type of installation, solar radiation and then it passes to through the product, where it raises the temperature and evaporates the water from the surface. This same air drags the moisture from the product and causes it to dry (Jairaj, 2009)

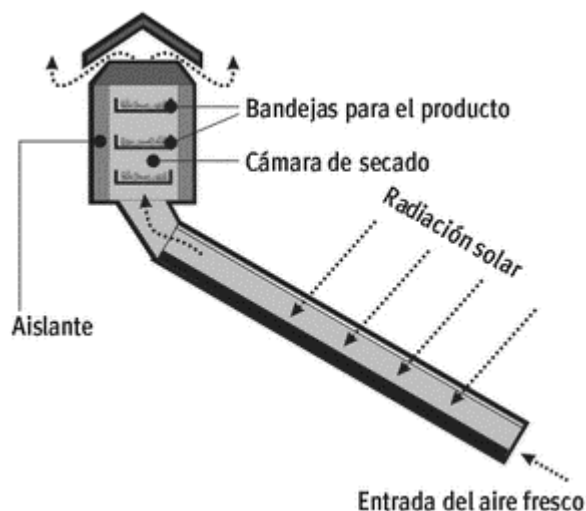


Figura 1.8. Secador solar de convección.

Figure 1.8. Solar convection dryer.

Estos secadores pueden ser de convección natural o forzada. En el secador por convección natural, al calentarse el aire se hace más ligero y asciende, con lo que crea corrientes de aire seco que extraen la humedad del objeto que se va a secar. En el secador por convección forzada, el aire se mueve con el auxilio de ventiladores. En algunos diseños la radiación solar es captada por calentadores de agua y después el aire se calienta en intercambiadores de calor. Esto posibilita la acumulación de energía para contrarrestar el efecto negativo de la nubosidad.

El secador solar de convección es el más usado, ya que tiene las siguientes ventajas:

- El secado del producto es más uniforme;
- La calidad del producto es, en muchos casos, mejor, al no incidir sobre él la radiación solar directa;
- La cámara de secado puede ser de mayor capacidad con relación al volumen que ocupa;
- La manipulación del producto es generalmente más fácil por estar más concentrado;

These dryers can be natural or forced convection. In a natural convection dryer, as the air heats up, it becomes lighter and rises, creating currents of dry air that draw moisture away from the object to be dried. In the forced convection dryer, the air moves with the help of fans. In some designs, water heaters capture solar radiation and the air is then heated in heat exchangers. This enables the accumulation of energy to counteract the negative effect of cloudiness.

The convection solar dryer is the most used, since it has the following advantages:

- The drying of the product is more uniform;
- The quality of the product is, in many cases, better, since direct solar radiation does not affect it;
- The drying chamber can be of greater capacity in relation to the volume it occupies;
- Product handling is generally easier because it is more concentrated;
- The control of the drying parameters is

- El control de los parámetros de secado es más sencillo, ya que puede regularse por medio del aire;
- Es menos sensible a la nubosidad al tener mayor capacidad térmica que los modelos anteriores;
- Pueden ser diseñados con recirculación de aire y, por lo tanto, la eficiencia de la instalación aumenta.

Formas de aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica

La conversión de la energía solar en energía eléctrica está basada casi por completo en el denominado efecto fotovoltaico, o producción de una corriente eléctrica en un material semiconductor como consecuencia de la absorción de radiación luminosa. La luz del Sol se transforma directamente en energía eléctrica en las llamadas células solares o fotovoltaicas, constituidas por un material semiconductor, como, por ejemplo, silicio (Tonda, 1993).

easier, since it can be regulated by means of the air;

- It is less sensitive to cloudiness as it has a higher thermal capacity than previous models;
- They can be designed with air recirculation and, therefore, the efficiency of the installation increases.

Ways of harnessing photovoltaic solar energy

The conversion of solar energy into electrical energy is based almost entirely on the so-called photovoltaic effect, or the production of an electrical current in a semiconductor material as a consequence of the absorption of light radiation. Sunlight is transformed directly into electrical energy in so-called solar or photovoltaic cells, made up of a semiconductor material, such as silicon (Tonda, 1993).



Figura 1.9. Célula fotovoltaica.

Figure 1.9. Photovoltaic cell.

Al incidir luz (fotones) sobre estas células se origina una corriente eléctrica (efecto fotovoltaico), aunque el rendimiento de este proceso es muy pequeño, pues en el mejor de los casos sólo un 25 % de la energía

When light (photons) falls on these cells an electric current is created (photovoltaic effect), although the efficiency of this process is very small, since in the best of cases only 25% of the light energy is

luminosa se transforma en eléctrica. Para obtener suficiente amperaje, se conectan varias de ellas en serie. Son los llamados módulos o paneles fotovoltaicos. Las células del panel están protegidas por un cristal y se construyen de forma que se pueden unir con otros paneles. Las instalaciones fotovoltaicas han de ir provistas de acumuladores, capaces de almacenar la energía eléctrica no utilizada en forma de energía química. En algunos casos, también puede estar conectado en paralelo con la red, para emplear la energía de la misma cuando falte el Sol (Tagüeña y Martínez, 2008)

transformed into electrical energy. To get enough amperage, several of them are connected in series. They are called photovoltaic modules or panels. The cells of the panel are protected by glass and are constructed in such a way that they can be joined with other panels. Photovoltaic installations must be equipped with accumulators, capable of storing unused electrical energy in the form of energy chemistry. In some cases, it can also be connected in parallel with the grid, to use its energy when the Sun is absent (Tagüeña and Martínez, 2008)

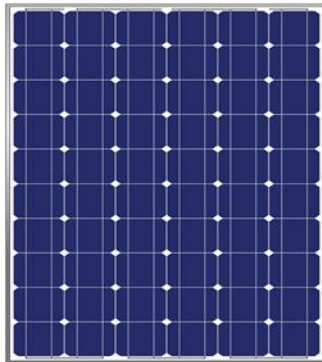


Figura 1.10. Módulo fotovoltaico.

Figure 1.10. Photovoltaic module.

Los módulos fotovoltaicos pueden tener diferentes tamaños: los más utilizados están formados por 36 células conectadas eléctricamente en serie, con una superficie que oscila entre los 0.5 m^2 a los 1.3 m^2 . Las células están ensambladas entre un estrato superior de cristal y un estrato inferior de material plástico (Tedlar). El producto preparado se coloca en un horno de alta temperatura, con vacío de alto grado. El resultado es un bloque único laminado en el que las células están ahogadas en el material plástico fundido. Luego se añaden marcos, normalmente de aluminio, de esta manera se

Photovoltaic modules can have different sizes: the most used are made up of 36 cells electrically connected in series, with a surface area that ranges from 0.5 m^2 to 1.3 m^2 . The cells are assembled between an upper layer of glass and a lower layer of plastic material (Tedlar). The prepared product is placed in a high temperature oven, with a high degree vacuum. The result is a single laminated block in which the cells are drowned in the molten plastic material. Then frames are added, usually aluminum, in this way an adequate mechanical resistance is conferred and many years of operation are guaranteed. At the rear, a

confiere una resistencia mecánica adecuada y se garantizan muchos años de funcionamiento. En la parte trasera se añade una caja de unión en la que se ponen diodos de by-pass y los contactos eléctricos (Arenas y Zapata, 2011).

Más módulos fotovoltaicos ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel, mientras que un conjunto de módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, forman la rama. Más ramas conectadas en paralelo, para obtener la potencia deseada, constituyen el generador fotovoltaico. Así el sistema eléctrico puede proporcionar las características de tensión y de potencia necesarias para las diferentes aplicaciones. Los módulos fotovoltaicos que forman el generador, están montados sobre una estructura mecánica capaz de sujetarlos y orientada para optimizar la radiación solar. La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía en función de la insolación y de la latitud del lugar (Almanza, 2003)

La producción de energía eléctrica fotovoltaica, al depender de la luz del sol, no es constante, sino que está condicionada por la alternancia del día y de la noche, por los ciclos de las estaciones y por la variación de las condiciones meteorológicas. Además, el generador fotovoltaico proporciona corriente eléctrica continua.

A menudo estas características no se adaptan a las necesidades de los usuarios que, normalmente, necesitan corriente eléctrica alterna, con valores constantes de tensión. Por lo tanto, el envío de la energía del sistema fotovoltaico al usuario se realiza a través de otros dispositivos necesarios para transformar y adaptar la corriente continua producida por los módulos a las exigencias de utilización, el más significativo es un dispositivo estático (Inversor), que

junction box is added in which by-pass diodes and electrical contacts are placed (Arenas and Zapata, 2011).

More photovoltaic modules mechanically assembled together form the panel, while a set of modules or panels electrically connected in series, form the branch. More branches connected in parallel, to obtain the desired power, constitute the photovoltaic generator. Thus, the electrical system can provide the necessary voltage and power characteristics for the different applications. Photovoltaic modules that make up the generator are mounted on a mechanical structure capable of holding them and oriented to optimize solar radiation. The amount of energy produced by a photovoltaic generator varies depending on the sunshine and the latitude of the place (Almanza, 2003).

The production of photovoltaic electrical energy, depending on sunlight, is not constant, but is conditioned by the alternation of day and night, by the cycles of the seasons and by the variation of meteorological conditions. In addition, the photovoltaic generator provides direct electrical current.

Often these characteristics are not adapted to the needs of users who normally need alternating electrical current, with constant voltage values. Therefore, the sending of energy from the photovoltaic system to the user is carried out through other devices necessary to

transform and adapt the direct current produced by the modules to the requirements of use, the most significant is a static device (Inverter), that transforms

transforma la corriente continua en corriente alterna (López, 2016) como el que se puede apreciar en la figura 1.11.

direct current into alternating current (López, 2016) as the one that can be seen in figure 1.11.



Figura 1.11. Dispositivo comercial para transformar la corriente continua en alterna, conocido como inversor. Entre los usos más comunes de la energía solar fotovoltaica se encuentran:

Figure 1.11. Commercial device to transform direct current into alternating current, known as an inverter. Among the most common uses of photovoltaic solar energy are:

- Aplicaciones remotas: lugares donde sólo se prevé un pequeño consumo de electricidad (repetidores de radio y televisión, radiofaros, balizas, etc.), y en los que es necesario una acumulación a base de baterías;
- Usos rurales: instalaciones aisladas de la red general que no suelen requerir acumulación (riego, molienda, descascarillado);
- Autogeneración: centros de consumo conectados a la red, utilizando la energía solar como base y la de la red como complemento;
- Grandes centrales: generación masiva de electricidad, sólo posible en condiciones favorables de evolución de la tecnología fotovoltaica, el coste de las fuentes energéticas convencionales y las condiciones climáticas.

Entre las ventajas de la generación de energía eléctrica a partir de paneles solares fotovoltaicos se pueden destacar:

- Es una tecnología madura y aceptada internacionalmente.
- Es altamente confiable.

- Remote applications: places where only a small electricity consumption is expected (radio and television repeaters, radio beacons, beacons, etc.), and where a battery-based accumulation is necessary;
- Rural uses: facilities isolated from the general network that do not usually require accumulation (irrigation, milling, husking);
- Self-generation: consumption centers connected to the grid, using solar energy as a base and grid energy as a complement;
- Large power plants: massive generation of electricity, only possible under favorable conditions of evolution of photovoltaic technology, the cost of conventional energy sources and climatic conditions.

Among the advantages of generating electricity from photovoltaic solar panels can be highlighted:

- It is a mature and internationally accepted technology.
- It is highly reliable.
- The sun is a clean, inexhaustible and

- El sol es una fuente limpia, inagotable y de acceso libre.
- Posee bajos costos de operación y de mantenimiento.
- Es la mejor opción en fuentes de energía renovable para introducir en el ámbito urbano.
- No posee partes móviles.
- Permite un diseño modular.
- Es aplicable en los más diversos sitios y para muy diferentes usos.
- Fácil de producir a escala masiva.
- Fácil de instalar.
- Es una tecnología que permite generar empleos y un desarrollo industrial sustentable.
- Es el modo más accesible de proveer de energía a los millones de personas que no tienen acceso a la electricidad alrededor del planeta.

No obstante, el empleo de esta tecnología presenta algunos inconvenientes, entre los que se pueden señalar:

- Las instalaciones exigen una gran superficie desuelo;
- La radiación solar no es uniforme, pues su uso se limita a zonas de elevado número de horas de sol al año;
- El coste de las instalaciones es alto en relación a su rendimiento;
- Aunque es una energía limpia, producir y mantenerlos paneles fotovoltaicos es contaminante;

Las instalaciones modifican el entorno inmediato, dada su magnitud necesitan importarla.

Conclusiones

1. Con el correcto aprovechamiento de la radiación solar se hace posible disminuir los gastos en combustibles fósiles, los cuales aumentan su precio significativamente.

freely accessible source.

- It has low operating and maintenance costs.
- It is the best option in renewable energy sources to introduce in urban areas.
- It has no moving parts.
- Allows a modular design.
- It is applicable in the most diverse places and for very different uses.
- Easy to produce on a mass scale.
- Easy to install.
- A technology allows the generation of jobs and sustainable industrial development.
- It is the most accessible way to provide energy to the millions of people who do not have access to electricity around the planet.

However, the use of this technology has some drawbacks, among which we can point out:

- The facilities require a large surface area;
- Solar radiation is not uniform, as its use is limited to areas with a high number of hours of sunshine per year;
- The cost of the facilities is high in relation to their performance;
- Although it is clean energy, producing and maintaining photovoltaic panels is polluting;
- The facilities modify the immediate environment, given its magnitude they need to import it.

Conclusions

1. With the correct use of solar radiation, it is possible to reduce expenses on fossil fuels, which increase their price significantly.
2. With the use of solar energy, the

2. Con el uso de la energía solar se reducen las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera causantes del efecto invernadero.
 3. La instalación de calentadores solares son una alternativa para disminuir el consumo de energía eléctrica en los hogares.
 4. Con el empleo de los paneles solares fotovoltaicos es posible que lugares que se encuentran aislados de la red energética nacional puedan adquirir la energía eléctrica para sus hogares.
 5. Los secadores solares son una excelente alternativa para eliminar la humedad de productos, no contaminan durante su funcionamiento y los resultados obtenidos son buenos.
- emissions of polluting gases into the atmosphere that cause the greenhouse effect are reduced.
 3. The installation of solar heaters are an alternative to reduce the consumption of electrical energy in homes.
 4. With the use of photovoltaic solar panels, it is possible that places that are isolated from the national energy grid can acquire electricity for their homes.
 5. Solar dryers are an excellent alternative to remove moisture from products, they do not pollute during their operation and the results obtained are good.

Bibliografía / References

- Almanza, R. 2003. Ingeniería de la energía solar, Segunda edición, UNAM, Ciudad de México.
- Aguini, M. 2001 “El atroz encanto de ser argentinos”. Editorial Planeta..
- Álvarez, A. 2009. Diseño e implementación de una línea de producción para la fabricación de arquitecturas hacia el aprovechamiento de los recursos climáticos haciendo uso de vidrio insulado en la empresa vidrios de seguridad- VISEG-S.A. (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- ANSI/AGMA 1980. AGMA Standard 110.04. Nomenclature of Tooth Failure Modes (reaffirmed 1989).
- Arenas, S, D., H. Zapata. 2011. Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Arrastía, M. A., M. E. Limia. 2011. Energía y cambio Climático, Editorial Academia, La Habana, ISBN: 978-959-270-227-1.
- Barrientos, C. R2017. Calentador solar de agua para usos domésticos con control de variables y funcionamiento con arduino,ITCA Editores, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, El Salvador, ISBN: 978-99961-50-54-8.
- Bérriz, L. 2007b.Análisis técnico sobre proyectos de calentadores solares, CUBASOLAR, La Habana.
- Bérriz, L. 2008.Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares, Primera Edición, CUBASOLAR, La Habana.
- Bérriz, L. 2014.Soberanía energética, medio ambiente y desarrollo local sostenible.: CUBASOLAR, La Habana.

- Blanch, F. 1999. Sistemas Solares Térmicos de Baja Temperatura, Primera edición, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
- Boero, G., G. Blengio.: Manual de energía solar térmica e instalaciones asociadas, Universidad ORT, Montevideo, 2009. ISBN: 978-9974-8130-5-2.
- Bohorquez, A, C. 2013. "La Energía Solar Térmica", , Centro de Innovación Energética. 1-9 pp.
- Budihardjo, I. 2002. Development of TRNSYS Models for Predicting the Performance of Water-in-Glass Evacuated Tube Solar Water Heaters in Australia, School of Mechanical and Manufacturing Engineering University of New South Wales, Melbourne,
- Cabrera, S. 2006. La crisis energética, 5pp., Buenos Aires, Escuela de Educación Técnica N° 1 "Don Luis Bussalleu".
- Castellón, S. R. 2002. Estrategia y políticas de Cuba con respecto al uso de fuentes de energía alternativa. Revolución Cubana.
- Castro Rojas, Felipe. Rodríguez, Wilson Francisco. 2009. Desarrollo de tecnologías en aprovechamiento de Energías Alternativas (energía solar).
- Trabajo de grado (Licenciatura en educación básica en ciencias naturales y ed. Ambiental). Universidad Surcolombiana. Facultad de educación. Neiva.
- Domínguez G. 2015. Influencia del flujo de aire extraído y tipo de colector en la cinética de secado de soya (Glycine max) empleándose un secador solar artesanal. Tesis de Maestría en Sistemas de Ingeniería Agrícola. Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez Pérez Facultad de Ciencias Técnicas.
- Drago, R. J. 1988. Fundamentals of Gear Design. Boston, MA: Butterworths.
- De Lorenzo. 2009. DL Solar D1 Entrenador de energía solar fotovoltaica para conexión a red. Engineering training solutions. Milan. Italia. Falcón, H. 2001. Tipos de radiación en la naturaleza y su interacción con la sustancia, Aplicaciones ingenieriles y médicas, Editora CAECE, Buenos Aires.
- García, J. L.: (Renovables 100 %. Un sistema eléctrico renovable para la España peninsular viabilidad económica, 2006, <http://.greenpeace.org/españa/reports/informes-renovables-100>, (Consultado 11 2017).
- Grossi, H. 2005. Disponibilidad y características de la radiación solar en Latinoamérica, Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires.
- Guardado, J. A., L. Berriz. 2014.: El Cobre en la Energía Solar: A la Cosecha del Sol. Biodigestores simples, Secadores y Calentadores solares, CUBASOLAR, La Habana.
- Gudiño, D. 1995. Curso de Energía Solar, Primera edición, ITESO, México.

- Guevara, S. 2003.: TEORÍA PARA EL DISEÑO DE CALENTADORES SOLARES DE AGUA, Blume ediciones, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, Lima.
- Halliday, D., R. Resnick. 2003. Física Volumen II. Tomo II, Cuarta edición, Editorial Félix Varela, La Habana.
- Horizon L. 2010. Renewable energy education set, assembly guide. Horizon fuel cell technologies. Singapore.
- Incropera, F. 1996. Introduction to Heat and Mass Transfer, Third edition, School of Mechanical Engineering Purdue University, USA.
- Jairaj, K. S., S. P. Singh, K. Srikant. 2009.: "A review of solar dryers developed for grape drying", Solar Energy, Vol. 83, pp. 1698-1712, Elsevier Ltd.
- Joliet, O. 1991.: An Improved Static Model for Predicting the Energy-Consumption of a Greenhouse, Agricultural and Forest Meteorology 55(3-4): 265-294.
- Kyocera .2008. Installation manual for the KD135SX-UPU of solar photovoltaic power modules. Kyocera corporations. Corporate solar energy group. Kyoto, Japan.
- López, Sánchez, O. 2016. Guía de aplicación de energía solar como alternativa de energía renovable en embarcaciones de recreo, pp. 146, Tesis (En opción al Grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval), Universidad Politécnica de Catalunya.
- Meyer, N. 2007.: Basics of the Solar Wind. Cambridge University Press.
- Moinelo L. M. 2017.Fundamentos termodinámicos del proceso de secado solar de semillas. Tesis en opción al título de Ingeniería Agrícola. Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. 83 pp.
- Norton, R. L. 2006. Machine Design: An Integrated Approach, 3rd edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Pérez, B. E. 2000: El Calentador Solar. 9, CUBASOLAR, La Habana.
- Rodríguez, Y. 2013.: Fundamentación de los parámetros de diseño y fabricación de un secador solar de granos. Tesis en opción al Título de Ingeniería Agrícola. Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez Pérez.78pp.
- Romero, A. 2009. Sistema híbrido de Almacenamiento de Energía Eléctrica. Tesis Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Sharma, A., C. R. Chen, N. V. Lan.2009. "Solar-energy drying systems: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, pp. 1185-1210, Elsevier Ltd.

- Tagüeña, J., M, Martínez. 2008.: Fuentes renovables de energía y desarrollo sustentable, México, ADN editores.
- Tomas, B. 2010.: Guía del instalador de energías renovables (cuarta ed.). Lexington, KY, USA: Creaciones.
- Tonda, J. 1993.: El oro solar y otras fuentes de energía, México. Fondo de Cultura Económica, colección “La ciencia para todos”.
- Young, H. D. y R. A. 2016. Freedman: Física Universitaria, Vol. 1. Editorial Félix Varela, La Habana. 154-257 pp.