

## IMPLEMENTACION DE EQUIPO ENERGIA RENOVABLE (SOLAR Y EÓLICO) EN LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

LEONARDO FULA BOHORQUEZ

**Abstract:** *The work provides a solid foundation of global and national information related to the process of generation of solar photovoltaic and wind, looking at the advantages and disadvantages of these types of energy. With this we propose the design of a solar photovoltaic system and wind to New Granada Military University that feeds part of the lighting circuits thermal lab.*

**Resumen:** El trabajo realizado ofrece una base sólida de información tanto mundial como nacional, relacionada con proceso de generación de energía solar fotovoltaica y eólica, mirando sus ventajas y desventajas de estos tipos de energía. Con esto se propone el diseño de un sistema solar fotovoltaico y eólico para la universidad Militar Nueva Granada que alimente parte de los circuitos de iluminación del laboratorio de término.

**Palabras claves:** Energía renovable, celda fotovoltaica, panel solar, generador eólico, inversor y regulador.

### I. INTRODUCCIÓN

Investigaciones que adelantan entidades como IEA la cual hace seguimiento al progreso de energía limpia del mundo y está conformada por más de 22 países, que participan en la reunión ministerial de energía limpia (CEM) comparten un gran interés en el desarrollo y despliegue de tecnologías de energía limpia, estos países representan más del 75% del consumo mundial de energía, 80% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> y el 75 % del PIB mundial, esta investigación da una serie de preocupaciones y también alivios, que sugieren unas facetas para cada país en la adopción de tecnologías limpias y que está proyectado al año 2050 con la reducción de contaminación. [1]

Colombia juega un papel muy importante en este tema de energías Limpias ya que es un país con un gran potencial de desarrollo energético de acuerdo a la investigación del World Economic Fórum que midió la competitividad de la energía en 105 países por medio del índice The Global Energy Architecture Performance Index 2013 (EAPI), que contempla la adaptación de los sistemas energéticos a los cambios del panorama mundial. Colombia ocupó el sexto lugar del ranking. [2] El gobierno colombiano expide documentos como el COMPES 3762 de 2013 sobre el desarrollo de proyectos de interés nacional, que contribuirían a la sostenibilidad desde la seguridad energética. El 31 de diciembre de este año es la fecha límite, establecida por el Ministerio de Medio Ambiente, para el retiro definitivo de los bombillos incandescentes del mercado colombiano. De hecho, el sistema que iluminó las noches desde el siglo XIX, actualmente responsable del 19 por ciento del consumo energético mundial, se viene reemplazando en todas las latitudes por otras opciones más eficientes, como los 'focos Ahorradores fluorescentes' y la tecnología LED[3]

### II. MARCO TEORICO

En este estudio nos enfocaremos al estudio y diseño de un sistema de energía solar y eólica.

#### • ENERGÍA SOLAR

Se trata de recoger la energía del sol a través de paneles solares y convertirla en calor. El calor recogido en los colectores puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. [8]

#### • ENERGÍA EÓLICA

Es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. [8]

- **SISTEMA FOTOVOLTAICO (FV) Y EÓLICO: LA CARGA ELECTRICA**

Un sistema FV y eólico consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga, usando como combustible la energía solar y eólica. La definición anterior deja claramente establecido que la carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán utilizarse en el sistema. La completa definición de la carga debe tener en cuenta tres características que la definen: el tipo, el valor energético y el régimen de uso. Para esto tenemos que tener en cuenta los tipos de carga (CA, CC o mixta), el valor energético (Wh/día), régimen de uso (día, noche). [19]

- **SISTEMA FV Y EÓLICO PARA USO DOMESTICO.**

Como se muestra en la figura N.1 tenemos un sistema eólico y solar el cual vamos a implementar y diseñar para determinadas especificaciones. En nuestro caso la iluminación del laboratorio de termo. A continuación la figura que se muestra es un sistema típico de alimentación con energía solar y eólico.

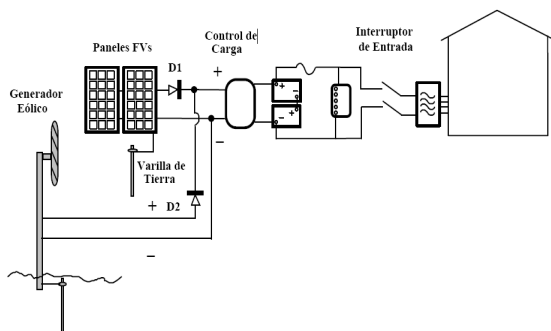


Figura N.1 Fuente: Manual Ing. Héctor G. [19]

Este sistema está compuesto por varios bloques: bloque de generación, bloque de acumulación, bloque de monitoreo, bloque

de carga, bloque de cableado, balance del sistema.

- **Elementos de un sistema Fotovoltaico y eólico:**

- **EL PANEL FOTOVOLTAICO**

Este funciona de acuerdo al fenómeno fotovoltaico que consiste en la incidencia de la luz sobre un semiconductor, dando esto un bombardeo de los fotones estos liberan electrones de los átomos de silicio, creando cargas libres, una positiva y otra negativa. El equilibrio eléctrico de la juntura N-P se ve alterado por la presencia de estas nuevas cargas libres dando así una salida de Voltage.

Un panel o arreglo FV es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie o paralelo. Las características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y/o paralelo. Existen tres tipos de paneles: monocristalinos, policristalinos y amorfo. [8]

- **GENERADOR EÓLICO**

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento. Los precedentes directos son los molinos de viento que se emplean para la molienda y obtención de harina u otros derivados. En este caso, la energía eólica en realidad la energía cinética del aire en movimiento, proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica. [10]

- **BATERIA**

Esta es la encargada de almacenar la energía producida por los paneles y el generador.

ARTICULO ENERGIAS RENOVABLES

Una batería permite una doble conversión de energía, llevada a cabo mediante el uso de un proceso electro-químico. La primera conversión, energía eléctrica en energía química, toma lugar durante el proceso de carga. La segunda, energía química en eléctrica, ocurre cuando la batería es descargada. Para que estas conversiones puedan llevarse a cabo se necesitan dos electrodos metálicos inmersos en un medio que los vincule, llamado electrolito. [20]

• **CONTROL DE CARGA**

Durante la noche el voltaje de salida de los paneles FVs es nulo. Al amanecer, atardecer o en días nublados, el nivel de insolación es bajo y los paneles no pueden cargar las baterías. En este último caso el control de carga cumple un rol pasivo, aislando el banco de acumulación del bloque de generación, evitando su descarga. Cuando la insolación aumenta, el voltaje de los paneles supera al del banco de baterías y el proceso de carga se reanuda. Es entonces cuando el control de carga tiene un rol activo, evitando una gasificación excesiva del electrolito.

• **LOS CABLES DE CONEXIÓN DEL SISTEMA:**

Estos son tan importantes como cada uno de los elementos del sistema, ya que hay que tener en cuenta la transmisión de energía a través de ellos y teniendo así una eficiencia máxima del sistema, con esto se contemplan las pérdidas de voltaje y corriente, la temperatura, la resistencia, y el calibre a seleccionar.

• **SOPORTE**

Es la estructura sobre la cual están ubicados los paneles ya que con una mala estructura de estos pueden sufrir un quiebre o daño irreparable.

• **INVERSOR**

Para transformar la corriente continua (de 12, 24 o 48 V) generada por las placas

fotovoltaicas y es acumulada en las baterías para que después sea entregada, en corriente alterna (110 V y 60 Hz) a los aparatos eléctricos que la necesitan.

**III. DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR Y EÓLICO EN LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.**

Para empezar con el diseño del sistema fotovoltaico y solar, tenemos que saber cuánta energía vamos a consumir o necesitar, medido en Wh, y también de la radiación solar en el sitio, los días soleados y los días sin nubes dando un promedio de días.

Tabla N 1 tabla de potencias.

Cant o	Equipo	Potencia	Sub-potencia	Hr	Energía (w/h)
5	Bomb. Ahorrad	20w	80w	5	400w/h
1	Portátil	90w	90w	1	180w/h
1	Celular	5w	5w	2	10w/h
Total			175w	8hr	590w/h

**1. Cálculo del Arreglo Solar**

$$M = \frac{E_c \cdot F_s}{I_m \cdot V_m \cdot HP \cdot N_{Bat} \cdot N_{Inv}} \quad (ec1)$$

**M** = Número de módulos solares

**Ec** = Energía consumida diariamente por las cargas (Whr/día)

**Fs** = Factor de sobre dimensionamiento del Sistema (Se sobre dimensiona 10% a 20% Fs = 1.1 a 1.2).

**Im** = Corriente del módulo solar (máxima insolación 1Kw/m2)

**Vm** = Voltaje promedio de operación del módulo solar (No confundirlo con el voltaje de baterías).

**Hp** = Radiación de la localidad en el mes de menor insolación expresada en horas máximas de insolación.

**NInv.** = Eficiencia del inversor CD/CA en caso de que el equipo opere en: C.A.  
 Valores típicos 0.8 a 0.9 C.D. valor es de 1

**NBat** = Eficiencia de carga de la batería 0.87 a 0.9 "0.81"

$$M = \frac{(590\text{Whr/día})(1.2)}{(3.99\text{Amp})(25.2\text{V})(4.33)(0.81)(0.9)} =$$

**M= 2.24 ≈ 2 o 3 paneles solares**

Por lo tanto se utilizaran 3 paneles de 100w, con una tensión de 25.2V y una corriente de 3.99

## 2. Cálculo del Banco de Baterías

$$C_B = \frac{A_U * E_C}{V_B * F_U * F_1 * N_{INV}} \quad (\text{ec 2})$$

**CB** = Capacidad del banco de baterías

**Ec** = Energía consumida diariamente

**Au** = Autonomía deseada en el banco de baterías (días) varía entre 4 días con buena insolación y hasta 6 días para lugares nublados.

**VB** = Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías.

**FU** = Fracción de la capacidad total de la batería que se usa para dar la autonomía de diseño del sistema evitando que las baterías se descarguen totalmente.

**Fu** = 0.5 baterías de placa delgada  
**Fu** = 0.8 baterías de placa gruesa

**Fi** = Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor nominal comercial como resultado de una razón (tiempo) de descarga.

Este valor varía desde 1.05 en baterías de placa delgada hasta 1.35 en baterías de placa gruesa.

$$C_B = \frac{A_U * E_C}{V_B * F_U * F_1 * N_{INV}}$$

$$C_B = \frac{(6 \text{ días})(590\text{w/h})}{(24\text{V})(0.8)(1.35)(0.9)}$$

**CB= 151,74Amp – Hr**

## 3. Cálculo del Número de Baterías

$$N_B = \frac{C_R}{C_B} \quad (\text{EC 3})$$

**NB** = Número de baterías que se necesitan  
**CR** = Capacidad de energía requerida para funcionar en días nublados (Ah)  
**CB** = Capacidad de la batería (Ah)

$$N_B = \frac{151,74 \text{ Amp – Hr}}{75\text{Ah}} =$$

**NB= 2.02 ≈ 2 o 3 baterías de 75Ah**

## 4. Cálculo del Controlador de Carga

$$I_{max} = I_{sc} N_p \quad (\text{EC 4})$$

$$I_{max} = 4.41\text{amp} * 3\text{paneles} = 13, 23 \text{ Amp}$$

**I<sub>max</sub> = 13, 23 Amp**



2(0.01785) (3.99amp) (3)

A=-----

0.55V

**A=0.73mm<sup>2</sup>**

**De acuerdo a las normas el calibre del conductor tipo tw es del 18AWG pero por norma se considera que se use del 12 AWG.**

**Nota: Este estudio se hizo con respecto al manual del Ingeniero Héctor Gasquet que esta referenciado [18].**

#### IV. INSTRUMENTOS UTILIZADOS.



Imagen tomada en la universidad militar nueva granada

Con los datos obtenidos en el capítulo 4 se opto por un control mixto el cual contiene un inversor de 300w, con entrada eólica y solar de 300w cada una, así como el regulador de 15 amperios incorporado, las baterías son una de pb-acido de 75ah y otra de gel 75Ah, cable numero 14 awg. Para las conexiones de los paneles. A continuación se muestra cada uno de los elementos.

#### CARACTERÍSTICAS ELEMENTOS UTILIZADOS

##### • CAJA REGULADORA E INVERSORA:

Se escoge esta caja reguladora ya que es hibrida para poder conectar los dos sistemas él fotovoltaico y el oelico, esta suple con los requerimientos hallados

anteriormente del inversor de 300w y el regulador interno de 15 Amp.

##### a. Datos técnicos:

rated battery volt ----- -24v  
Rated wind power ----- 300w.  
Ratedpv power ----- 300w.  
over discharge shutoff volt -----22v.  
Over discharge recovery volt ----- -24v  
Over voltage protection shutoff volt -----34v  
Over voltage protection recovery volt -----33v  
Floating charge volt -----29v  
Rated output. -----300 VA /110Vac/ 60 Hz

##### b. Salida pura de la onda de seno

En comparación con el cuadrado o escalera de onda, que tiene una mayor capacidad para soportar tipos de cargas efectivas incluye cargas sensibilidad y otras cargas de CA, tales como refrigerador, la televisión, etc. radiograma libre de ruido y perturbadora y, o bien ninguna influencia sobre la función y el servicio la vida de los equipos de carga.

##### c. Modo PWM off-sobrecarga

Cuando la energía eléctrica generada por la turbina de viento y paneles solares supera las necesidades de la batería invertido y de salida, el sistema de control debe dejar salir el poder superfluo mediante la descarga. Nuestro controlador se adopta el voltaje de carga constante modo de PWM para asegurar la tensión de la batería de almacenaje que la tensión de carga flotante todo el tiempo, así que hagan pleno uso de la energía eléctrica y prolongar la vida útil de la batería.



Imagen tomada en la universidad Militar Nueva granada caja inversora y reguladora.

Con solo chip, la máquina puede detectar la batería Charging voltaje y corriente de todos los tiempos, por su parte el control de la energía fotovoltaica y eólica actual restrict la tensión de las baterías y la corriente Charging, por lo tanto se garantiza la vida útil de la batería.

**e. Pantalla LCD**

Usted puede ver la magnitud de la turbina de estado de carga actual de la batería y el almacenamiento del viento, y luego adaptarse a la magnitud y el momento de la carga del usuario en función de voltaje de la batería.



Imagen tomada en la universidad Militar Nueva granada caja inversora y reguladora.

**f. Viento e híbrido solar**

Sistema híbrido del viento y la energía solar puede ser mutuamente complementario, por lo que hagan pleno uso de la energía eólica y solar para generar electricidad y reducir la fuente de alimentación desequilibrada o insuficiente como resultado de una sola energía para la generación de energía.



Imagen tomada en la universidad Militar Nueva granada caja inversora y reguladora.

**g. Control inteligente digital**

La máquina se adopta chip de Microchip como su componente principal para asegura un control preciso, lo que hace que la estructura del circuito periférico simple. Tiene forma de control ágil y estrategia de control con alta funcionalidad y fiabilidad.

**• GENERADOR EÓLICO**



Imagen tomada en la UMNG.

Este generador es de 300w el cual es perfecto para suplir los otros 300 w de la fotovoltaica y tener una mayor eficiencia de energía y aporte a las baterías.

En total tendríamos 600w en el sistema en condiciones perfectas de radiación y viento.

En la siguiente tabla se muestran los datos del generador eólico el cual cumple con las necesidades de la caja inversora para complementar la carga.

**Tabla N.1 Datos técnicos generador eólico.**

parameter	
Rated power (W)	300
Rated voltage (V)	12
Generator style	3.phase AC PM
Magnetic steel material	38 SH NdFeB
Class of insulation	8
Rotor diameter (m)	2
Case material	20# seamiless steel tube
Material of the blades	Fiberglass-reinforced plastic
Start up wind speed (m/s)	3
Rated wind speed (m/s)	8
Working wind speed (m/s)	3-25
Survival wind speed (m/s)	40
Rotation speed (Rpm)	400
Number of blades	3
Tower height (m)	6
Controller and inverter	Advances wind and solar hybrid controller and pure sin wave inverter.
Battery reference	12v 150ah

Fuente: Tabla tomada del manual de proveedor

• **PANEL SOLAR**

De acuerdo al análisis anterior se necesitan 3 paneles de 100W, con una tensión de 25.2V y una corriente de 3.99, para esto escogemos los tres paneles Monocristalinos que a continuación daremos sus especificaciones.

**Tabla N.1 Datos técnicos Panel solar**

Panel	Valor
Modelo No	Sw100p
Serial N	81212122731
Fecha de produccion	2012-12-11
Pico de potencia Pmax	100w
Margen de toler de potencia (%)	0-+6%
Tensión de circ abierto Voc (v)	30.2V
Tensión nominal Vmmp(V)	25.2
Corto circ. De corriente Issc (A)	4.41 A
Corriente nominal Immp (A)	3.99 <sup>a</sup>
Voltage Max. Sistema	800v
Dimensiones	865*800*30
Peso (kg)	8 Kg
Fusibles nominal	6A

Fuente :Tabla tomada del manual de proveedor

**Panel solar.**

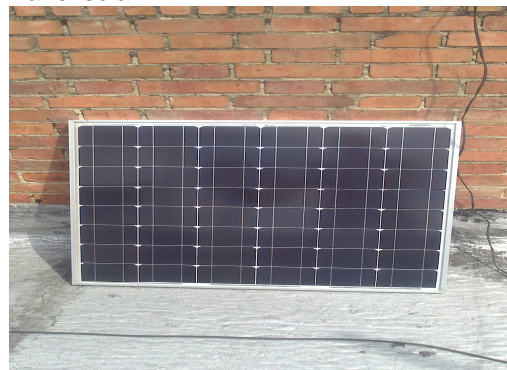


Imagen tomada en la UMNG.



- **BATERÍAS**

De acuerdo al estudio anterior se adquirieron dos baterías.

Una de gel de 75 Amp y otra de Pb\_acido de 75 Ah, a 12V cada una esto se hace para analizar las dos baterías y su comportamiento de carga y descarga, sabiendo que la batería de gel es mucho mas avanzada y de ciclo profundo, con una vida útil mucho más larga que la de Pb-acido.

Ya que la caja inversora funciona a 24 V estas baterías se conectan en serie.

**Imagen de baterías.**



Imagen tomada en la Universidad Militar Nueva Granada

- **Sistema solar y eólico en la universidad militar Nueva Granada**

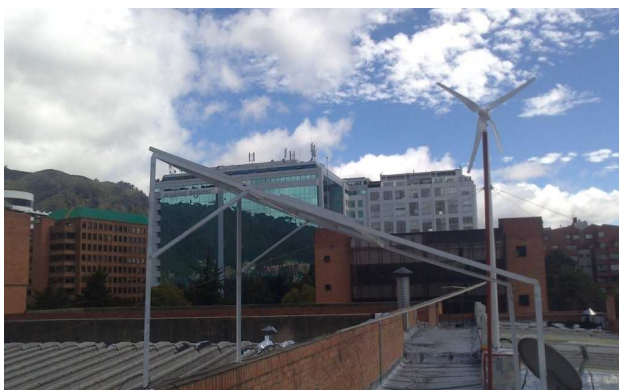


Foto tomada en la Universidad Militar Nueva Granada.

## V. Conclusiones

- Se tiene un panorama más amplio de las alternativas energéticas y su generación, en este caso la energía fotovoltaica Y eólica, el papel tan importante que juega en el acontecer cotidiano.
- Este no es proyecto a gran escala pero es el inicio de algo muy útil, que si toma conciencia tanto la comunidad estudiantil y el estado, en poco tiempo estaremos haciendo un uso racional y eficiente de la energía.
- De igual manera, se logró comprender que las principales barreras para el desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica son las facilidades económicas, la falta de apoyo por parte del estado para promover el uso de fuentes alternativas y financiar investigaciones en este campo. Por todo lo anterior es que los Sistemas Solares Fotovoltaicos, tienen mayor aplicabilidad para el suministro de energía a pequeña escala.
- Finalmente se puede concluir que el desarrollo de este proyecto servirá como base informativa para la realización de proyectos encaminados a la utilización de tecnologías que generen menor impacto al medio ambiente y que igualmente ayuden al desarrollo de la sociedad. Queda claro que la UMNG debe comenzar a gestionar e impulsar rápidamente estos proyectos de alternativas energéticas y más ahora en este nuevo laboratorio de térmica donde está el espacio apropiado para que futuras generaciones puedan apreciar los resultados de estos trabajos y puedan hacer mejoras o valores agregados a estos proyectos para obtener resultados más satisfactorios.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

[1][http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_EN\\_GlobalEnergyArchitecture\\_PerformanceIndex\\_2013.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_EN_GlobalEnergyArchitecture_PerformanceIndex_2013.pdf)

[2][http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_EN\\_NewEnergyArchitecturePerformanceIndex\\_ExecutiveSummary\\_2013.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_EN_NewEnergyArchitecturePerformanceIndex_ExecutiveSummary_2013.pdf)

[3]<https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=z9N442nQng%3D&tabid=1656>

[4][www.enalmex.com/docpdf/libro/ch01.pdf.pdf](http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch01.pdf.pdf)

[5] Fuente: <http://www.ren21.net>

[6]<http://www.minminas.gov.com/inminas/downloads/archivos/Eventos9987.pdf>

[7] <http://www.dyna-energia.com/Canales/Ficha.aspx?IdMenu=76aff108-241e-4fcb-9157-425fa0bbf18f&Cod=e1479977-8a54-48f1-b022-868b992f37ab>

[8] [www.enalmex.com/docpdf/libro/ch01.pdf.pdf](http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch01.pdf.pdf)

[9][http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/1-Atlas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf)

[10] [www.solartronic.com/download/SistemasFV.pdf](http://www.solartronic.com/download/SistemasFV.pdf)

[11][http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/solarcells\\_sp-anisha.htm](http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/solarcells_sp-anisha.htm)

[12][http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

[13][http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

[14][http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

[15][http://inter.andresdiaz.net/Solar/Cap3.Efectos\\_sobre\\_la\\_Irradiacion\\_Proteccion.ppt#262.4](http://inter.andresdiaz.net/Solar/Cap3.Efectos_sobre_la_Irradiacion_Proteccion.ppt#262.4)

[16] <http://www.renovables-energia.com/2009/07/partes-de-un-aerogenerador/>

[17] Fuente: <http://www.renovables-energia.com/2009/07/partes-de-un-aerogenerador>

[18] [http://es.123rf.com/photo\\_9044907\\_auto-de-coche-fusible-aislado-sobre-fondo-blanco.html](http://es.123rf.com/photo_9044907_auto-de-coche-fusible-aislado-sobre-fondo-blanco.html)

### Libros y manuales

[19] Manual teórico y práctico sobre los sistemas fotovoltaicos [en línea]. México: Solartronic, 2007.

[20] Libro Educación medioambiental. Escrito por José Manuel Casas Úbeda, Francisca Gea López, Esmeralda J

[21] PINILLA, Álvaro, Manual de energía eólica, 1a Edición, INEA, Bogotá – Colombia 1997 pág.5, 6.