

## Herramienta de apoyo a la docencia de la energía solar fotovoltaica

C. Rus, P.J. Pérez, F. Almonacid, J.D. Aguilar, L. Hontoria y J. Aguilera.

*Grupo I+DEA, Escuela Politécnica Superior de Jaén. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas. Edif. A3. 23071, Jaén. España.*

[cruz@ujaen.es](mailto:cruz@ujaen.es)

### Resumen

Con el siguiente trabajo se pretende colaborar en la formación y difusión de la energía solar fotovoltaica; energía alternativa, para la obtención de electricidad, que ocupa un apartado especial en las acciones clave de la Unión Europea. La Universidad de Jaén cuenta con dos asignaturas optativas, como herramientas para contribuir a estos fines. Estas asignaturas pertenecen al plan de estudios correspondiente a Ingeniero Técnico Industrial. Dichas materias, "Electricidad Fotovoltaica" e "Instalaciones fotovoltaicas" se ofertan a las especialidades de: Mecánica, Electricidad y las Electrónica Industrial. **El Curso de Energía Solar Fotovoltaica para Internet** forma parte de la formación en estas materias contribuyendo a cambiar el método de enseñanza empleado hasta ahora. Permite favorecer el grado de implicación por parte del alumno en el proceso de enseñanza – aprendizaje, además de proporcionar información con la que los alumnos puedan construir su conocimiento.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente en la formación universitaria se pretende reflexionar sobre los métodos usados en la enseñanza así como en el tiempo empleado por los alumnos en dominar los conocimientos ligados a cada materia. En la elaboración de la guía particular de cada una de las asignaturas se reflejan ambos aspectos. Esta nueva visión hace que el método de enseñanza tradicional de las materias, utilizando clases magistrales, sólo será una parte en la cadena del aprendizaje.

Con la inquietud de cambiar el método de enseñanza empleado hasta ahora, favorecer el grado de implicación por parte del alumno en el proceso de enseñanza – aprendizaje, además de proporcionar información con la que los alumnos puedan construir su conocimiento, y con el ánimo de contribuir a esa nueva perspectiva que está tomando la enseñanza universitaria se ha creado el trabajo que a continuación se presenta y al que se accede en la dirección <http://solar.ujaen.es/cursolar.htm>.

En este trabajo se quiere aprovechar una de las características que hacen del WWW una tecnología de amplio potencial educativo (J. Adell, TIC Aplicadas a la Educación 1993). Esta característica es que la información no es lineal, sino hiperdimensional, de esta forma es posible diseñar materiales con distintos niveles y expectativas, con lo que el alumno que accede a la aplicación explorará los temas que necesite y en cambio habrá otros que pase por alto.

También destacar que el curso para Internet además de estar diseñado a través de las clásicas páginas HTML incorpora diferentes recursos como: Applets Java, presentaciones Flash, programas de cálculo y simulación así como elementos de autoevaluación. Estos recursos facilitan que, durante la realización del curso, el alumno, pueda practicar y comprobar la asimilación de los conceptos estudiados de una forma sencilla y eficaz, con lo que se está proporcionando una herramienta de apoyo para reforzar el aprendizaje.

## **MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS**

Antes de enumerar los objetivos docentes perseguidos con la realización de este trabajo, se describe el entorno académico en el que se encuentran las asignaturas "Electricidad Fotovoltaica" e "Instalaciones fotovoltaicas".

Se trata de asignaturas optativas recogidas en el plan de Ingeniero Técnico Industrial en Electrónica Industrial, y además se ofertan a las especialidades de Electricidad y Mecánica. Ambas asignaturas se pueden cursar en segundo o tercer curso y tienen una carga lectiva de 6 créditos.

Con este entorno académico, en el que se reciben alumnos de distintas especialidades y niveles de conocimientos sobre la materia que nos ocupa, es interesante disponer de una herramienta con la que apoyar los temas que se exponen en el aula. Hay que resaltar que al tratarse de una materia optativa, de los últimos cursos, es más propicio que a los alumnos se les despierte la responsabilidad de la autoformación, fomentar su participación activa en el proceso de aprendizaje, motivarlos para que experimenten por su cuenta, mediante programas de cálculo y simulación así como establecer procedimientos de auto evaluación que introduzcan la correspondiente realimentación en el proceso de enseñanza. Otro aspecto que se desea recoger en el curso es el acercamiento al alumno de la diferente información que está en la red e incentivar la búsqueda de la misma, pero de forma organizada (Nielsen et al, Hypertext and Hypermedia. Academic Press 1990 y Nielsen J, The Art Of Navigating Through Hypertext, Communications Of The ACM, 33(3), Pp. 296-310, 1990).

En síntesis los objetivos que se persiguen son:

- Elaboración de un sencillo tutorial vía Web sobre sistemas fotovoltaicos, aplicado a la enseñanza de esta disciplina.
- Divulgación de diversas lecciones magistrales existentes para su utilización como herramienta docente.
- Realización e incorporación de programas de diseño de instalaciones fotovoltaicas, para su utilización en las aulas.
- Presentación de diversos enlaces a páginas con recursos en sistemas fotovoltaicos.

## **DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA**

Algunos de los aspectos tenidos en cuenta en el diseño del curso de Energía Solar Fotovoltaica (Adell, J. Educación en la Internet. Universitas , Serie IV, Vol. Extraordinari XX Setmana Pedagògica) son: El diseño de la estructura hipermedia, teniendo siempre en cuenta los diferentes usuarios potenciales a los que va dirigido

e incluir la suficiente información para que el alumno pueda decidir entre las diversas opciones que se le ofrecen.

Para cubrir los aspectos anteriormente citados se han utilizado los siguientes recursos:

- Dreamweaver MX de Macromedia, Inc, para integrar texto, imágenes y enlaces.
- Fireworks MX de Macromedia, Inc utilizada en el diseño destinado y tratamiento de las imágenes.
- Swish MAX de Swishzone.com Pty Ltd para los contenidos animados, realizados en Flash, destinados a la explicación gráfica de conceptos.

Para el diseño de los contenidos se ha empleado:

- Lenguaje de programación Hipertexto, HTML (siglas en inglés de HyperText Markup Language) para el contenido de las páginas.
- Hojas de estilo CSS: (siglas en inglés de Cascade Style Sheet), que es una especificación sobre los estilos físicos aplicables a un documento HTML.
- Java Script: empleado para extender las capacidades del lenguaje HTML.
- Flash: que es el software para la creación de contenidos "multimedia", logotipos animados, controles de navegación, animaciones de gran formato.

A continuación se explica, cómo se ha realizado el diseño de la herramienta. El diseño obtenido es el resultado de crear la ventana del navegador dividida en tres zonas o "frames". Cada frame va a tener su función propia. Para el usuario, de la Web, esto es transparente pero el resultado final es fruto de la combinación de tres códigos independientes en la ventana del navegador.

A la izquierda se encuentra `left_frame` (**Fig. 1**) que alberga el menú principal. Esta página aporta al resultado final que la tabla de contenidos del curso esté presente en todo momento.

El estudiante puede ir directamente al contenido que más le interese, así como ver una pequeña descripción de a quien está dirigido cada uno de los niveles del curso. Incluye también un enlace a la página de inicio y al mapa Web del curso.

Siguiendo con la estructura, en la parte superior de la ventana del navegador se encuentra `up_frame`, que está destinado a albergar la cabecera de cada sección del curso. Cada contenido o sección lleva asociada una misma estructura, en la que intervienen animaciones flash y hojas de estilo. Se trata de un componente informativo en la navegación para que en todo momento el estudiante sepa donde se encuentra. Para aprovechar el resto de espacio del frame, integra también el logotipo del curso, desarrollado en flash, un enlace en movimiento, la fecha y los créditos; desarrollados ambos en JavaScript. Todas las páginas que se cargan en este frame están diseñadas en base a una plantilla. Este hecho permitirá agilizar considerablemente las posibles modificaciones o actualizaciones de todas las páginas que se cargan en el frame.

Por último `main_frame`, que ocupa la mayor parte de la ventana del navegador; tiene una doble funcionalidad: albergar el contenido teórico del curso y actualizar el contenido del `up_frame`. Se ha intentado que esta parte sea de fácil navegabilidad evitando la inserción de imágenes que separen el texto recurriendo a la presentación de imágenes de muestra que enlazan con las imágenes en un tamaño apropiado para una visualización más detallada, así como un conjunto de dispositivos de navegación que permitan a los lectores (Fig.1): determinar su

localización actual, hacerse una idea de la relación de su localización con otros materiales, volver al punto de partida y explorar materiales no directamente vinculados a los que se encuentra en este momento (Landow, G.P. The Rethoric Of Hypermedia: Some Rules For Authors, 1992 y Aguilar J.D. et al VI TAAE U.P. 2004 Valencia).

The screenshot shows a web interface for 'RADIACIÓN SOLAR'. On the left is a vertical navigation menu with items: HOME, PRESENTACIÓN, INTRODUCCIÓN, RADIACIÓN SOLAR (highlighted), CÉLULA SOLAR, COMPONENTES S.F., TIPOS DE S.F., DIMENSIONADO S.F., MODELOS DE S.F., LEC. MAJISTRALES, ZONA PRÁCTICAS, ZONA ENLACES, ZONA DESCARGAS, and MAPA WEB. The main content area is titled 'RADIACIÓN SOLAR' and includes a sub-header '- TOP 50 de Energía Solar - (España)'. It features three sections: 'BÁSICO RADIACIÓN SOLAR' with a list of 10 topics from [01]-EL SOL to [10]-POSICIÓN RELATIVA SOL; 'INTERMEDIO RADIACIÓN SOLAR' with one topic [01]-EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA RADIACIÓN; and 'AVANZADO RADIACIÓN SOLAR'.

Figura 1. left\_frame y main\_frame, contenidos de la sección radiación solar.

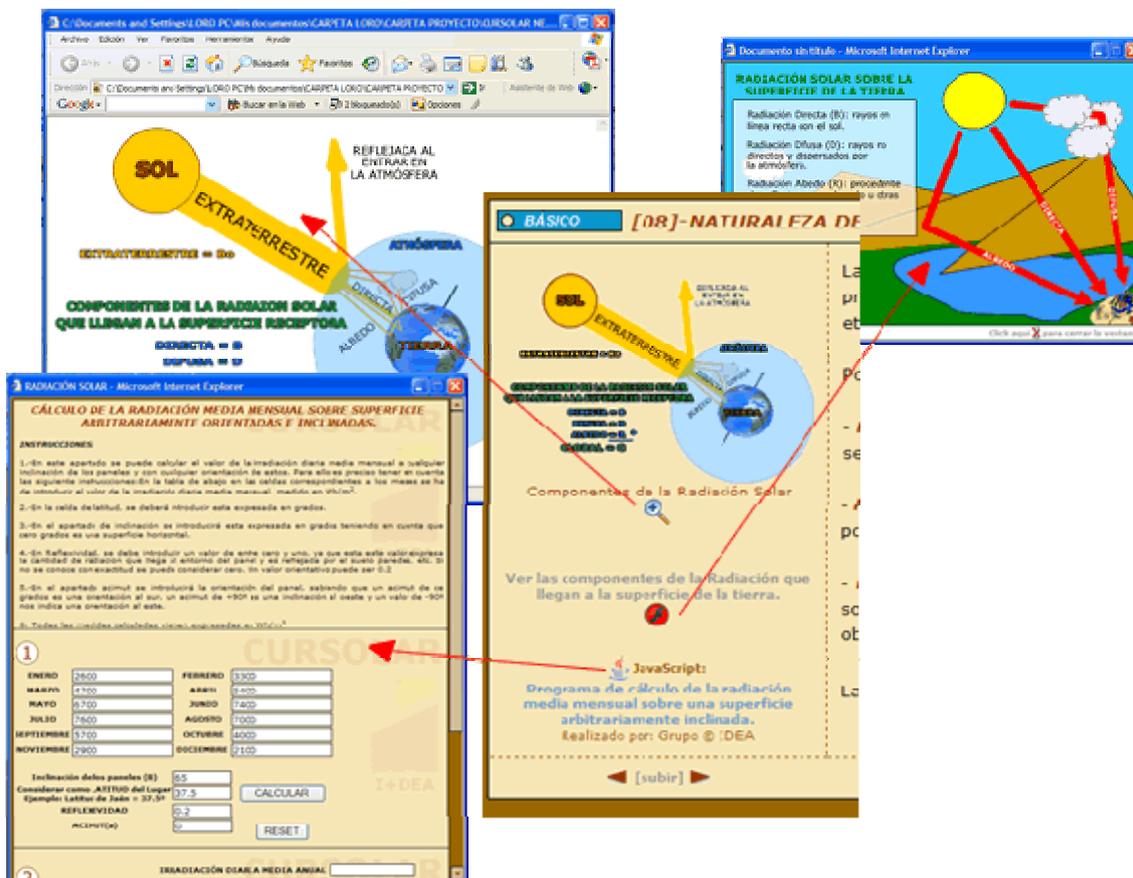
## RESUMEN DE LOS CONTENIDOS. ACCESO AL CURSO

En este apartado se van a comentar algunos de los puntos tenidos en cuenta a la hora de estructurar los temas que se tratan en el curso, así como las secciones de las que consta cada uno de estos temas. El curso comienza con la página de presentación, en la que se pueden ver las recomendaciones que debe tener el equipo con el que se va a realizar éste. En el siguiente epígrafe de la introducción, destacar que se recogen las ventajas de este tipo de energía renovable, una gráfica de la evolución histórica de la energía y una animación en la que se muestra el consumo energético en España.

El primer tema en el que se desarrollan contenidos, es el dedicado a La Radiación Solar, en este espacio del menú se comentan a nivel básico los apartados (Fig.1): las características del sol, el movimiento tierra-sol, la esfera celeste y el valor de la declinación, la distancia sol-tierra, la duración del día y de la noche, el tiempo solar, la posición del sol y las coordenadas polares, la naturaleza de la radiación solar, la posición relativa sol-superficie horizontal, y la posición relativa del sol. En el siguiente tema se aborda la Célula Solar, que ha quedado desarrollado en las siguientes secciones: principios fundamentales, conceptos de funcionamiento de los semiconductores, en qué consiste el efecto fotovoltaico, la célula solar, Tecnología de fabricación de la célula.

En la elaboración de estos temas se han tenido muy en cuenta lo que la experiencia docente en ocasiones nos confirma, que determinados conceptos que rodean a estos temas son de difícil comprensión por parte del alumno, por incluir conceptos que van acompañados de un aparato matemático complejo. El las figuras

se observan (**Fig. 2**) algunas de las herramientas incluidas para desarrollar el tema: gráficas, animaciones que ponen de manifiesto los conceptos mas complicados, así como programas de cálculo que permiten aclarar los conceptos que se van explicando.



**Figura 2.** Vinculación de enlaces y contenidos de la sección Radiación Solar.

El estudiante puede realizar el curso de inicio a fin usando los enlaces que se incorporan en las páginas que se cargan en el frame principal, pasando por todos los contenidos del curso sin necesidad de recurrir al menú principal. Para ello al final de cada contenido se han integrado enlaces de navegación que permiten pasar a la página siguiente o la anterior a demás de la posibilidad de ir al inicio de la página que se está visualizando en esos momentos (**Fig. 3**).

Cada grupo de contenidos, incorpora en todas las páginas que pertenecen a él, en su parte superior enlaces a cada uno de los contenidos de forma no secuencial. Todas las páginas que se cargan, (Fig. 3) están divididas verticalmente, una parte se destina a contenidos y en la otra se presentan las imágenes de muestra con su correspondiente enlace, los enlaces a las animaciones y a los programas Java.

En el tema dedicado a los componentes de un sistema fotovoltaico, en el que se explican: El generador, el acumulador, el regulador y el inversor fotovoltaicos, se mantiene la filosofía de desarrollo de los temas anteriores, aunque en este caso se incorpora como novedad la inclusión de hojas de características de los componentes reales, para que el alumno maneje los parámetros característicos

de cada elemento.

Los dos siguientes temas están dedicados a los dos tipos de sistemas fotovoltaicos, sistemas fotovoltaicos autónomos y sistemas fotovoltaicos conectados a red, en el primer tema se analizan los esquemas de cada uno de estos sistemas. El siguiente tema está dedicado al dimensionado de sistemas, en el se explica como se realiza, de forma práctica. Nociones como que la energía que capta un sistema fotovoltaico va a depender, tanto de la climatología del lugar en el que se coloque, como del ángulo de inclinación que este posea respecto a los rayos solares, son concluyentes a la hora de dimensionar el generador y los demás componentes del sistema fotovoltaico, ya sea autónomo o conectado a la red.

## RADIACIÓN SOLAR

Web desarrollada como proyecto final de carrera por:  
Lorenzo Rodríguez de Luis  
La dirección del proyecto ha estado a cargo de:  
D. Pedro Pérez Higuera y D. Juan Domingo Aguilar Peña  
Jaén, 13 de Junio de 2006

---

● BÁSICO

[10]-POSICIÓN RELATIVA SOL

12/45

La posición de una superficie arbitrariamente inclinada se describe mediante dos parámetros:

- **PENDIENTE o INCLINACIÓN (β)**: Es el ángulo de elevación sobre el horizonte.
- **ACIMUT (γ)**: Es el ángulo formado por las proyecciones sobre el plano horizontal de la normal de la superficie y del meridiano del lugar. Origen hacia el Sur, positivo hacia el Este y negativo hacia el Oeste.

Con ello el **ángulo de incidencia (ω<sub>s</sub>)** del Sol sobre una determinada superficie se puede calcular con la formula:

$$\cos \omega_s = (\sin \theta \cdot \cos \beta - \cos \theta \cdot \sin \beta \cdot \cos \Psi) \cdot \sin \delta + (\cos \theta \cdot \cos \beta + \sin \theta \cdot \sin \beta \cdot \cos \Psi) \cdot \cos \delta \cdot \cos W + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \Psi \cdot \sin W$$

◀ [subir] ▶

[referencias]

Figura 3. Vinculación de enlaces.

Por último un tema dedicado al modelado de sistemas fotovoltaicos conectados a red, en el que el objetivo principal del modelo desarrollado consiste en estimar los valores de la energía producida por el sistema a lo largo de un año. Además, se calculan los parámetros más representativos que caracterizan al sistema, tales como los valores de la tensión, corriente y potencia a la salida del generador, así como los valores de la eficiencia del inversor y de la potencia a la salida del sistema (Fig. 4).

El procedimiento de cálculo implementado en el modelo propuesto se puede resumir en la siguiente secuencia: Cálculo de la irradiancia en el plano del generador a partir de la irradiación diaria media mensual en el plano horizontal, cálculo de la evolución diaria de la temperatura ambiente a partir de los valores máximos y mínimos de la temperatura diaria media mensual, cálculo de los valores de tensión y corriente del punto de máxima potencia del generador para los distintos valores de irradiancia y temperatura ambiente previamente calculados y por último el cálculo de la energía generada a partir de los valores V-I obtenidos para el generador y el modelo usado de inversor.



**Grupos IDEA**  
**I+D en Energía Solar y Automática**  
 S.F. AUTÓNOMO S.F. CONECTADO A RED

**MODELOS**  
 Web desarrollada como proyecto final de Linares Rodríguez de Luis. La dirección del proyecto ha estado a D. Pedro Pérez Higuera y D. Juan Domingo Jaén, 12 de Junio de 2006. © 2004 GRUPO IDEA - I+D en Energía Solar

**SFCR**  
 [01]-INTRODUCCIÓN 39/45 [01][02][03][04][05]

El procedimiento de cálculo implementado en el modelo aquí presentado se puede resumir en la siguiente secuencia de bloques:

- Cálculo de la irradiancia en el plano del generador a partir de la irradiancia diaria media mensual en plano horizontal.
- Cálculo de la evolución diaria de la temperatura ambiente a partir de los valores máximos y mínimos de temperatura diaria media mensual.

**PROGRAMA INTERCALENSOFT 1.0**

Lugar:  Latitud:  Longitud:   
 Orientación:  Acimut:  Azimut:   
 Inversor:  Generador F.V.:   
 S0: 0.023 S1: 0.025 S2: 0.095 Prim. in (W): 1800

Gen(°)	Tamb(°C)	Tamb(C)
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

Programa Java de simulación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Proyecto fin de carrera.

Figura 4. Enlace al programa que modela sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se puede afirmar que la presencia de las tecnologías de la información resultan útiles y tienen una aplicación directa en el ámbito de la docencia.

El curso permite que la enseñanza no esté basada en la actividad del alumno sobre materiales impresos estandarizados y además hace posible la formación a distancia.

La aplicación proporciona distintas herramientas, que ponen de manifiesto la adquisición de las competencias prácticas y el desarrollo de las capacidades en un lugar central, como marca el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior.

La herramienta desarrollada permite además, visualizar gráficas y animaciones empleando una terminología uniforme con objeto de facilitar el estudio de la materia. Las aplicaciones diseñadas en Java complementan de forma práctica la asimilación de los conceptos teóricos.

Por otro lado, como docentes nos gustaría destacar que se ha podido apreciar una buena receptividad en el uso de la aplicación por parte de los alumnos. Se ha logrado una asimilación de las competencias prácticas más sencilla y los resultados conseguidos por ellos han mejorado.

Por último destacar que se ha logrado incentivar y orientar la capacidad de búsqueda de información, de forma autónoma por parte del futuro Ingeniero.