

# Laboratorio Virtual de Placas Solares Fotovoltaicas



## Práctica 7

### Estudio del rendimiento del sistema de generación fotovoltaica conectado en paralelo.

Página alojada en <http://grupoorion.unex.es>

Grupo de Investigación  
**O R I O N**

## **Práctica 7. Estudio del rendimiento del sistema de generación fotovoltaica conectado en paralelo.**

### **1.1.1.- Objetivo**

El objetivo de esta práctica es estudiar la influencia que tiene la temperatura de funcionamiento de los paneles en el rendimiento de todo el sistema de generación de energía fotovoltaica con los paneles solares conectadas en paralelo.

### **1.1.2.- Elementos necesarios**

Equipo solar fotovoltaico constituido por:

- 2 Paneles solares fotovoltaicos.
- 1 Simulador solar formado por lámparas solares.
- 1 Regulador del cargador de la batería.
- 1 Módulo de carga DC.
- 1 controlador electrónico para la interfaz
- Sensores de medida
- 1 ordenador con el software SACED y la aplicación EESFC instalado
- Tarjeta de adquisición de datos

### **1.1.3.- Práctica Virtual**

Para el diseño y la puesta a punto de esta práctica virtual necesitamos el equipo solar fotovoltaico controlado por ordenador descrito en el apartado anterior, una cámara digital de video, una cámara fotográfica y diversos programas informáticos para la captura y posterior tratamiento de las imágenes, el video y el audio para el montaje de la práctica virtual. Entre estos programas destacamos el uso del "Windows Movie Maker", "Camtasia 7.0", "Microsoft Excel", "Power Point" y "GoldWave".

Puesto que el equipo solar fotovoltaico que utilizamos para simular la radiación solar que índice sobre dos paneles solares tiene tanto controladores físicos como controladores digitales, debemos grabar en diferentes formatos y de manera individual las acciones que llevamos a cabo en el laboratorio con el hardware y las acciones que realizamos en la interfaz del software que controla el equipo solar mencionado. De este modo, un alumno que visualice esta práctica a través de internet en nuestro laboratorio virtual, no perderá detalle de lo que debería realizar si estuviese físicamente presente en el laboratorio real de optoelectrónica.

Comenzamos grabando una vista general del equipo solar fotovoltaico que vamos a utilizar para presentar de este modo el material a los alumnos. A continuación grabaremos las posiciones en las que colocamos los controles físicos del equipo solar fotovoltaico, a la vez que con el programa "gold wave " creamos los archivos de audio que expliquen los pasos que estamos dando para la creación de esta práctica virtual.

Así, grabamos como conectamos la alimentación trifásica y comprobamos que todos los sensores están conectados correctamente a la consola del controlador del equipo solar. Encendemos dicha consola y nos desplazamos hasta del módulo de carga DC. Explicamos al alumno cuáles deben ser las posiciones que deben tener los distintos elementos de este módulo para la correcta puesta en marcha de esta práctica. En concreto, desconectaremos las lámparas DC que están conectadas en paralelo con el reostato y conectaremos el reostato utilizando para ello los interruptores manuales independientes de cada uno de ellos. Situamos el selector de carga en la posición 2 y explicamos al alumno que en esta posición el reostato queda conectado directamente al panel solar. Por último, giramos totalmente hacia la izquierda el reostato de carga para que su posición sea la de máxima resistencia.



Imagen 1. Captura de cómo se conectan los controles del hardware en la práctica 7

Una vez realizado las acciones necesarias en el hardware del equipo, pasamos al controlador digital del ordenador en la aplicación EESFC del software SACED. Para que quede registrado todo el proceso, usaremos un programa que permite grabar la pantalla del ordenador y visualizar todos los pasos que se den. El programa elegido para tal fin es el Camtasia 7.0, el cual ejecutaremos antes de la aplicación que controla el equipo solar para comenzar a grabar todo lo que ocurre en la pantalla del ordenador.

A continuación pulsamos el botón start situado en la parte superior izquierda de la interfaz, acto seguido se abre una ventana emergente en la que debemos poner el nombre del archivo en el cual vamos a guardar un registro de los datos. Vamos realizando un zoom en diferentes zonas de la interfaz para que el alumno pueda visualizar correctamente toda la información que puede extraerse de esta aplicación. En la zona inferior derecha se encuentran los controles digitales que permiten encender el simulador solar y realizar las conexiones oportunas en serie o en paralelo.

En concreto, en esta práctica, enseñamos al alumno cuál debe ser la correcta posición de dichos controladores. Debe conectar el panel solar 1 y 2, mantener conectados ambos paneles en paralelo y conectar la ventilación mediante el control digital "fans". Una vez que se acciona este control, los ventiladores colocados en la estructura metálica situada entre las lámparas de ultravioleta y los paneles solares comienzan a funcionar. Para que el alumno que usa el laboratorio virtual no pierda detalle de este hecho, grabaremos de nuevo con la cámara de video cómo se ponen en funcionamiento los ventiladores y anexaremos a modo de "picture and picture" este archivo sobre el video que muestra la interfaz del ordenador.

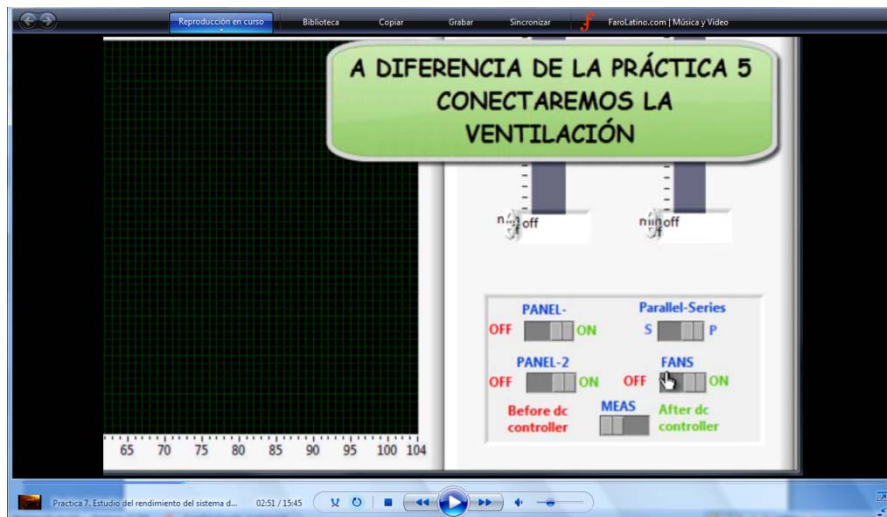


Imagen 2. Captura de los controles digitales en la práctica virtual 7

Por último, ponemos en funcionamiento el equipo pulsando el botón "start" de la interfaz situado en la parte superior izquierda de la misma. Se abrirá una ventana emergente donde pondremos el nombre del archivo en el cual queremos guardar los datos de salida para su posterior tratamiento con una hoja de cálculo. Una vez hecho esto, el equipo solar se pone en funcionamiento, encendiéndose las lámparas solares ultravioleta que iluminan el panel solar 1 y el panel solar 2. Para que el alumno pueda visualizar este efecto, grabamos de nuevo con la cámara de video y lo anexamos en forma de "picture and picture" sobre la interfaz.

Con los valores de los controles sun 1 y sun 2 en la máxima radiación pedimos al alumno que anote los valores de los sensores de intensidad DC1, de tensión DC2 y de radiación SRL para las distintas posiciones de la resistencia de carga. Para que el alumno pueda captar esta información y anotar los datos de medida, ampliaremos la pantalla en la zona superior derecha, en la que se muestran los campos con los valores que están midiendo los sensores conectados a los paneles y a la consola del controlador.

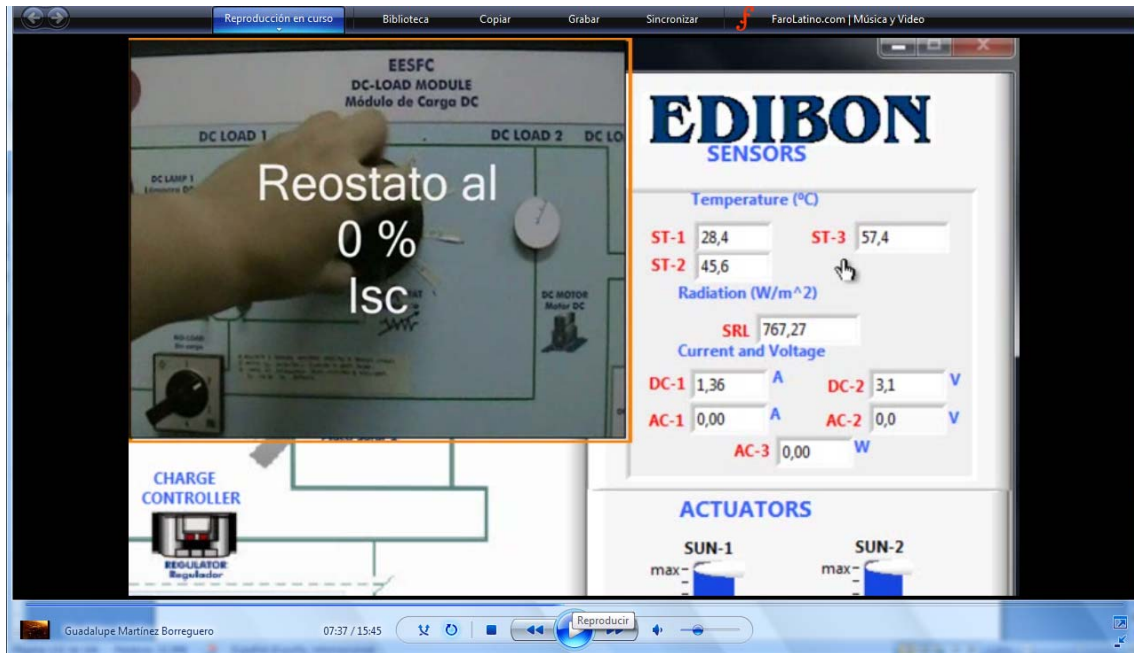


Imagen 3. Captura de la práctica virtual 7

Sugerimos al alumno que cada vez que modifique la posición del reóstato de carga, debe esperar a que los valores que proporcionan los sensores se establezcan con el tiempo, para que los datos tomados sean correctos.

Le advertimos que el reóstato de carga no debe permanecer mucho tiempo en la posición de mínimo, ya que en ese caso se podría producir daño por el calor disipado o incluso fundir el fusible de protección situado en la parte trasera del módulo de carga.

Para que el alumno del laboratorio virtual pueda tomar los datos, se ha creado una presentación con el programa "Power Point" que ha sido transformada a una animación de video para integrarla en la práctica virtual. De este modo, el alumno es capaz de visualizar cómo se va completando la tabla de datos en función de los valores que se van obteniendo en la práctica.

PANEL 1 y PANEL 2 CONECTADOS EN PARALELO VENTILACIÓN ENCENDIDA						
REOSTAT (%)	SENSOR DC1 (A)	SENSOR DC2 (V)	SENSOR SRL (W/m <sup>2</sup> )	SENSOR ST1	SENSOR ST2	SENSOR ST3
100						
90						
80						
70						
60						
50						
40						
30						
20						
10						
0						

Imagen 4. Tabla de datos de la práctica virtual 7

Para obtener la intensidad de cortocircuito, ponemos el reóstato de carga al 0% y anotamos el valor del sensor DC1. Para obtener la tensión de circuito abierto debemos cambiar la posición del selector del módulo de carga DC y colocarlo en la posición 1. De este modo, los paneles solares operan en circuito abierto. Para que el alumno pueda visualizar esto, lo grabaremos con la cámara de video y solaparemos dicha imagen con la de la interfaz digital. Con el selector en esta nueva posición, la información del sensor DC2 será la tensión de circuito abierto.

A continuación se repite la experiencia con disminuciones en la intensidad de radiación que ilumina ambos paneles solares y se completan las tablas para esas intensidades de radiación pudiendo trazar posteriormente las curvas características de intensidad-voltaje. Para explicar cómo debe trazar estas curvas, incluiremos en el video una gráfica generada con el Excel.

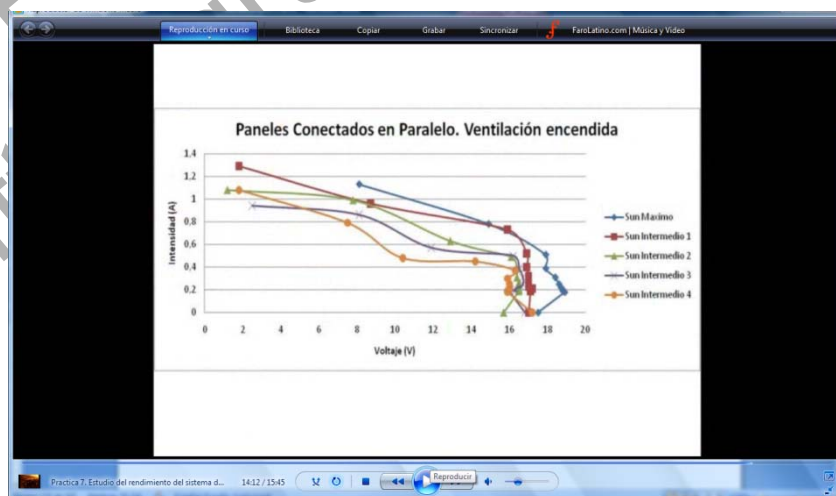


Imagen 5. Algunos resultados experimentales de la práctica 7

Con todos los datos obtenidos y a partir de las curvas de intensidad- voltaje, determinamos el punto de potencia máxima y trazamos la curva de potencia máxima frente a intensidad de



radiación. Con estos datos, explicamos al alumno cómo puede determinar el rendimiento de foto conversión para los cinco puntos obtenidos.

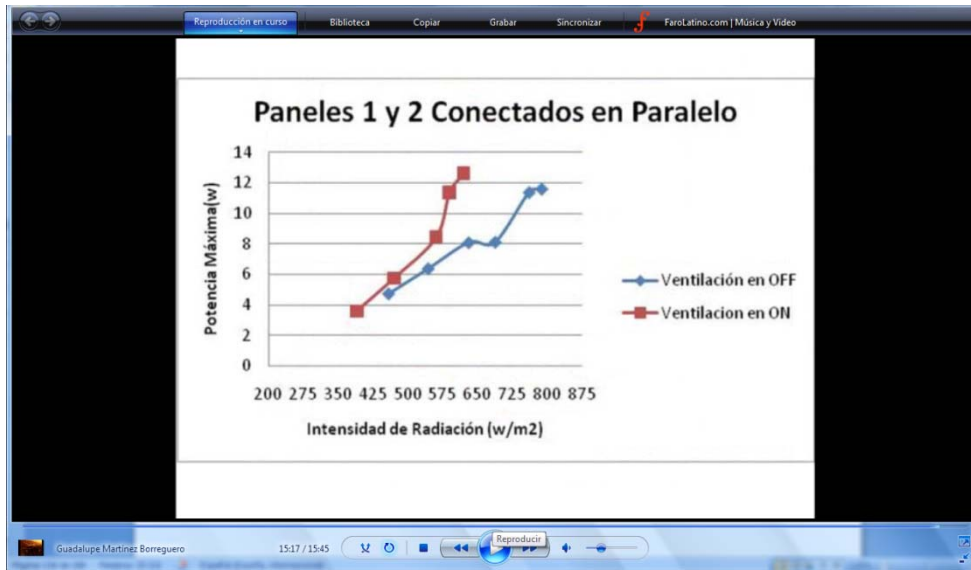


Imagen 6. Efecto de la temperatura en la potencia máxima

Por último, a modo de evaluación, plantearemos en la práctica virtual una serie de preguntas abiertas para que el alumno pueda reflexionar sobre el porqué de los resultados obtenidos.

Esta práctica virtual elaborada se encuentra disponible en dos formatos digitales, un archivo "Windows media video" y un archivo "m4v" especial para su visualización a través de internet en dispositivos móviles como un iphone o ipod. Ambos formatos se encuentran disponibles en la página web de nuestro grupo de investigación <http://grupoorion.unex.es> siguiendo el enlace "Laboratorio virtual de placas solares fotovoltaicas" y pulsando en "Estudio del rendimiento del sistema de generación fotovoltaica conectado en paralelo"

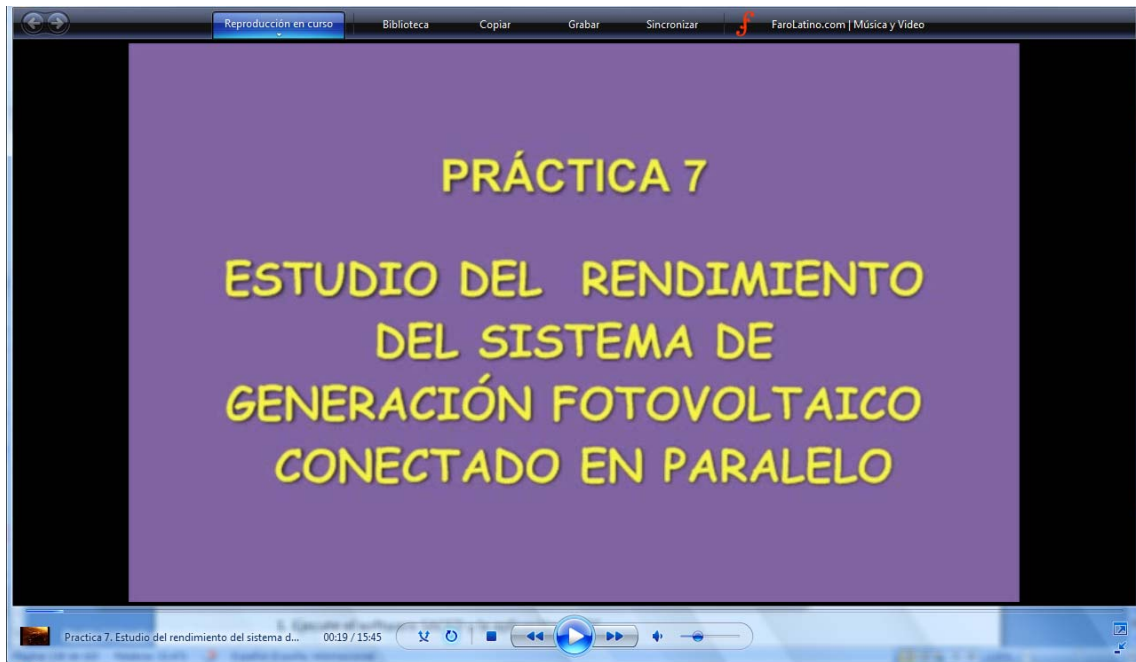


Imagen 7. Captura de la práctica virtual 7

#### 1.1.4.- Desarrollo de la práctica

Para llevar a cabo la siguiente práctica es conveniente estar en posesión de los resultados que se obtuvieron en la práctica Nº 5, en la que no se utilizó la ventilación para realizar una comparación entre los resultados obtenidos con ventilación forzada y sin ella.

Seguir los siguientes pasos:

1. Ejecute el software SACED y la aplicación EESFC.
2. Compruebe que la posición del reóstato de carga está en la máxima resistencia (Girado totalmente hacia la izquierda).
3. Sitúe el selector de carga DC en la posición 2.
4. Desconecte las lámparas DC que están conectadas en paralelo con el reóstato.
5. Conecte la alimentación trifásica y ponga la interface en funcionamiento después de haber comprobado que todos los sensores están conectados correctamente.
6. Compruebe que la posición inicial de los controles digitales y analógicos se corresponden con la siguiente pantalla.



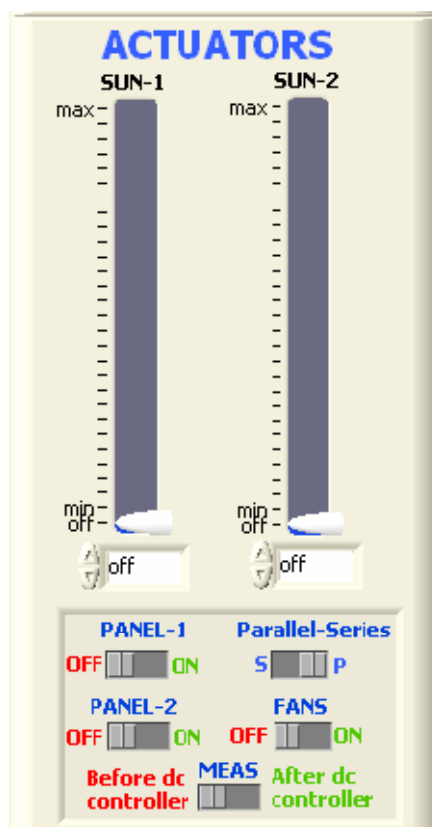


Imagen 8. Posición de los controles digitales de la práctica 7

7. Pulse "START" para comenzar con la aplicación EESFC.
8. Pulse "START SAVING" para guardar un registro de los resultados obtenidos durante la realización de la práctica.
9. Conecte los paneles solares en paralelo seleccionando la posición "P" con el selector "Parallel-Series". Conecte el panel de ventiladores seleccionando la posición "ON" del selector "FANS".
10. Conecte los paneles PANEL-1 y PANEL-2 y mantenga los paneles solares conectados en paralelo. Ponga los controles SUN-1 y SUN-2 en el máximo para obtener la máxima radiación. Anote los valores medidos por el sensor de intensidad DC-1, tensión DC-2 y radiación SRL.
11. Cambie la posición del reóstato de carga al 90 % aproximadamente y anote los valores de los parámetros obtenidos.
12. Repita el punto 11 con aumentos o disminuciones del 10 % aproximadamente del valor de reóstato de carga hasta alcanzar el 0%, que es el punto de intensidad de cortocircuito.
13. Repita los puntos 10, 11 y 12 con disminuciones relativamente proporcionales de los controles SUN-1 y SUN-2, de tal manera que se puedan obtener cinco curvas i-v para cinco valores de luz solar.

14. Para obtener la tensión de circuito abierto de los paneles solares conectados en paralelo, coloque el selector de carga DC en posición 1.

15. Una vez concluida la práctica, pulse “STOP SAVING” para dejar de guardar información.

Nota: Recuerde no dejar el reóstato en la posición de mínima resistencia durante un periodo de tiempo prolongado.

### 1.1.5.- Resultados y tablas

Expresar los resultados de acuerdo con las siguientes tablas.

Tabla 1. Tabla de resultados de la práctica 7. Paneles en paralelo con la ventilación encendida

PANEL SOLAR 1 y PANEL SOLAR 2 Conectados en Paralelo.						
Ventilación Encendida						
REOSTATO	SENSOR DC1	SENSOR DC2	SENSOR SRL	SENSOR ST1	SENSOR ST2	SENSOR ST3
	I (A)	V(V)	Wr (W/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(°C)
100%						
90%						
80%						
70%						
60%						
50%						
40%						
30%						
20%						
10%						
0%						
Isc						
Voc						

Tabla 2. Tabla de resultados de la práctica 7 a distintos niveles de intensidad de radiación

PANEL SOLAR 1 Y PANEL SOLAR 2. Conectados en Paralelo						
Ventilación Encendida						
SUN 1 Y SUN 2	SENSOR DC1 I(A)	SENSOR DC2 V(V)	SENSOR SRL Wr (W/m <sup>2</sup> )	SENSOR ST1 (°C)	SENSOR ST2 (°C)	SENSOR ST3 (°C)
Máximo						
90%						
80%						
70%						
60%						
50%						
40%						
30%						
20%						
10%						
Mínimo						
Off						

- Trace las curvas i-v para los cinco niveles de radiación con ventilación y sin ventilación forzada en cinco gráficas independientes.
- A partir de las curvas obtenidas determine el punto de máxima potencia. Trace la gráfica Potencia máxima frente a la intensidad de radiación.
- Determine el rendimiento de foto-conversión para los cinco puntos de máxima potencia obtenida.
- Con la ayuda de la herramienta "VIEW DATA" del software SACED, analice el rendimiento de los paneles solares en función de la temperatura de trabajo, durante la realización de la práctica.

