

# Laboratorio Virtual de Placas Solares Fotovoltaicas



## Práctica 6.

### Estudio del rendimiento de los paneles solares conectados en serie.

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



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

## **Práctica 6. Estudio del rendimiento de los paneles solares conectados en serie.**

### **1.1.1.- Objetivo**

El objetivo de esta práctica es el estudio del rendimiento del sistema de generación de energía solar fotovoltaica con el conjunto de paneles solares conectados en serie.

### **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 de esta práctica virtual necesitamos el equipo de energía solar fotovoltaica descrito en el apartado anterior, una cámara de video digital para filmar el desarrollo de la secuenciación de los pasos que damos para la correcta realización de la práctica cuando trabajamos con el hardware del equipo, y una serie de programas informáticos que nos permiten el tratamiento digital de los videos, audios, imágenes, gráficas y animaciones que añadiremos en el montaje final del video. Estos programas son “Windows Movie Maker”, “Camtasia 7.0”, “Microsoft Excel”, “Power Point” y “GoldWave”.

El método operativo para la realización de esta práctica virtual es el siguiente:

En primer lugar, con el programa de grabación de audio, crearemos un archivo en el que explicamos al alumno cuál es el objetivo de la practica que vamos a llevar a cabo y cuáles son los materiales necesarios para la puesta a punto de la misma. En diferentes archivos con el programa “gold wave” grabamos los diferentes audios en los que explicamos el procedimiento a seguir.

Teniendo en cuenta que un alumno que utilice el laboratorio virtual sólo dispone de un ordenador, debemos digitalizar en primer lugar el procedimiento real que realizamos sobre el equipo físico en el laboratorio de optoelectrónica. Para ello, tomamos la cámara de video digital y filmamos las acciones que debemos dar para poner correctamente en funcionamiento el equipo de energía solar fotovoltaica con el que llevamos a cabo esta práctica virtual.

### **Laboratorio Virtual de Placas Solares Fotovoltaicas**

De este modo, en el módulo de carga DC, colocamos el reostato de carga en la posición de máxima resistencia, para ello lo giramos totalmente hacia la izquierda. A continuación situamos el selector de carga DC en la posición 2 para que el reostato se conecte directamente al regulador de carga. Desconectaremos las lámparas que están conectadas en paralelo con el reostato accionando el interruptor manual de las mismas hacia abajo, y conectamos el reostato colocando su interruptor manual hacia arriba. Mientras realizamos la grabación del video, explicamos en él lo que estamos llevando a cabo para que el alumno del laboratorio virtual tenga una visión completa del desarrollo de la práctica. En la consola del controlador electrónico, conectamos todos los sensores de medida y pulsamos el botón de encendido. Grabamos también una vista de todos los elementos que forman parte de equipo para que el alumno virtual pueda visualizar de forma completa dichos elementos.



**Imagen 1. Captura de la vista de los materiales utilizados en la práctica 6**

El siguiente paso es manejar la interfaz y los controles digitales de la aplicación que controlan el simulador solar. Para que el alumno pueda visualizar esto, realizaremos las grabaciones de la pantalla del ordenador con el programa "Camtasia 7.0" y grabamos las explicaciones oportunas sobre el manejo de la aplicación con el programa de audio "gold wave". Con el Camtasia abierto, ejecutamos el software EESFC. Hacemos un zoom en la parte inferior derecha para que el alumno visualice claramente la posición en la que colocamos los controladores digitales. En concreto, conectamos el panel solar 1 y el panel solar 2, mantenemos ambos paneles conectados en serie, desconectamos la ventilación y pulsamos la opción "before dc controller" para que los sensores de medida DC y las cargas seleccionadas en el selector de carga se conecten directamente a la salida del panel solar antes del regulador de carga de batería. Para poner en funcionamiento la interfaz, pulsamos el botón "start" situado en la parte superior izquierda y hacemos un zoom para que el alumno pueda visualizar correctamente cómo se abre una ventana emergente donde poner el nombre del archivo en el cual quedarán guardados los datos de esta práctica.

## Laboratorio Virtual de Placas Solares Fotovoltaicas

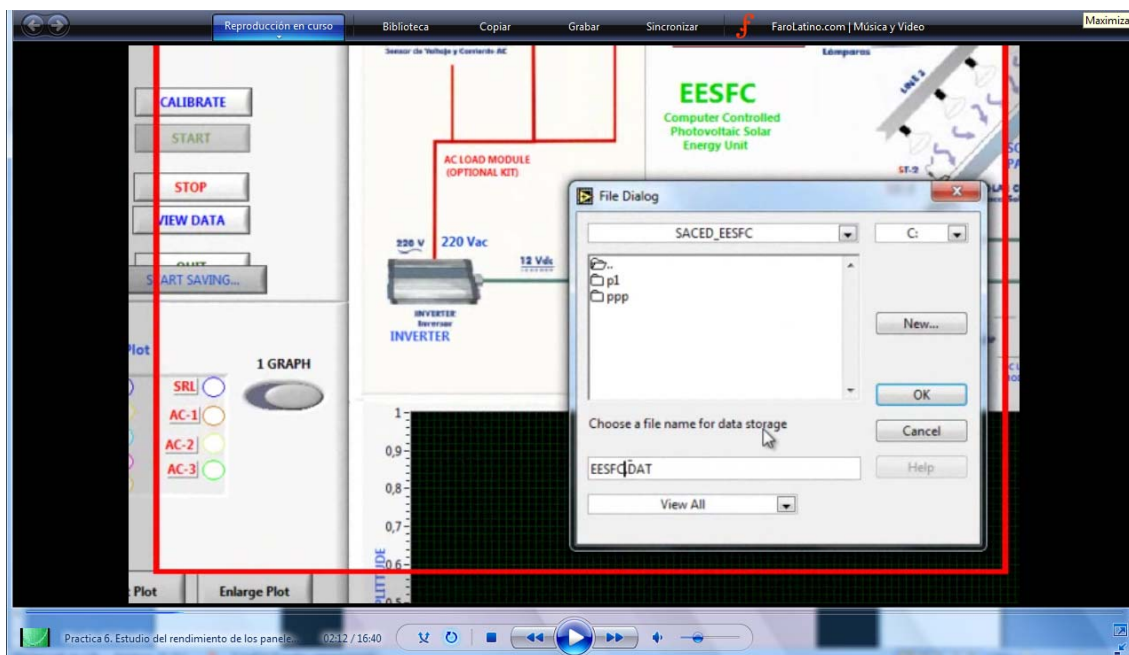


Imagen 2. Captura de la puesta en funcionamiento de la interfaz en la práctica 6

A continuación grabaremos de nuevo con la cámara de video cómo se encienden las lámparas ultravioleta que iluminan los paneles solares para solapar dicha imagen con el momento de accionar el controlador digital en la interfaz, de este modo, un alumno que esté visualizando la práctica en el laboratorio virtual no perderá detalle de los que ocurre en el laboratorio real.

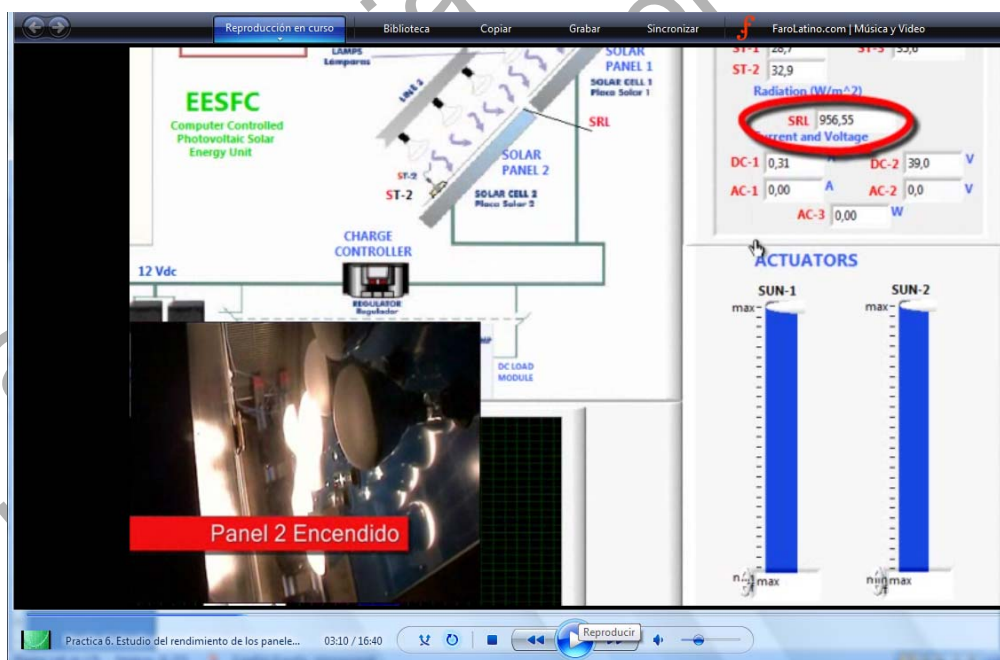
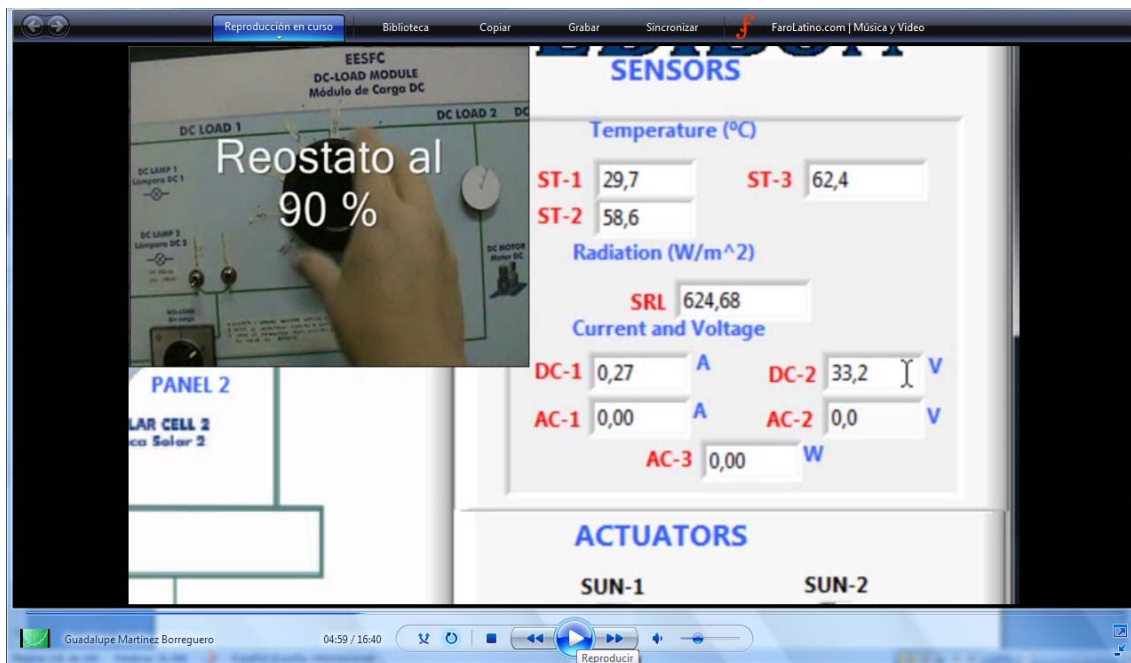


Imagen 3. Captura de cómo se encienden las lámparas ultravioleta en la práctica 6

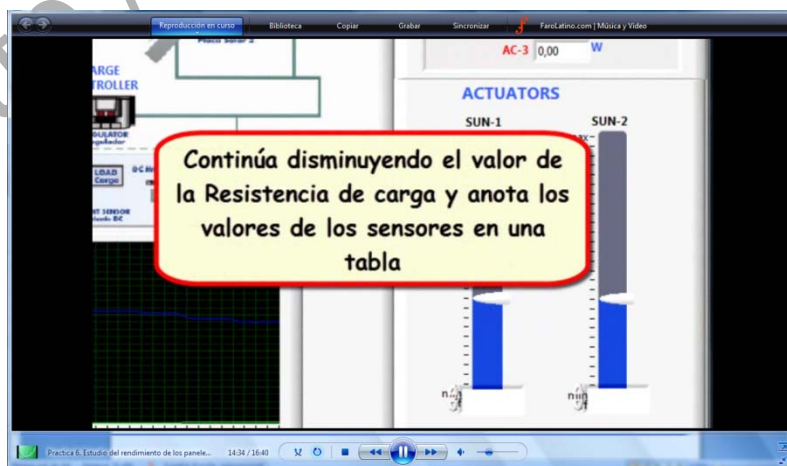
Dado que el objetivo de esta práctica es obtener el rendimiento del sistema de generación fotovoltaico cuando los paneles solares se conectan en serie, el siguiente paso es ir modificando las posiciones del reostato desde el 100% (posición inicial) hasta el 0% (posición

de mínimo) valor para el cual obtendremos la intensidad de cortocircuito. Para que quede constancia de las acciones sobre la consola física del módulo de carga, tomamos de nuevo la cámara de video digital y grabamos los cambios de posición del reostato a la vez que nos vamos fijando en la información que nos proporcionan los sensores en la parte superior derecha de la interfaz. De este modo, el alumno puede observar simultáneamente las consecuencias que implican la variación de la resistencia de carga sobre la intensidad de corriente y sobre el voltaje.



**Imagen 4. Captura del cambio de posición del reostato de carga en la práctica 6**

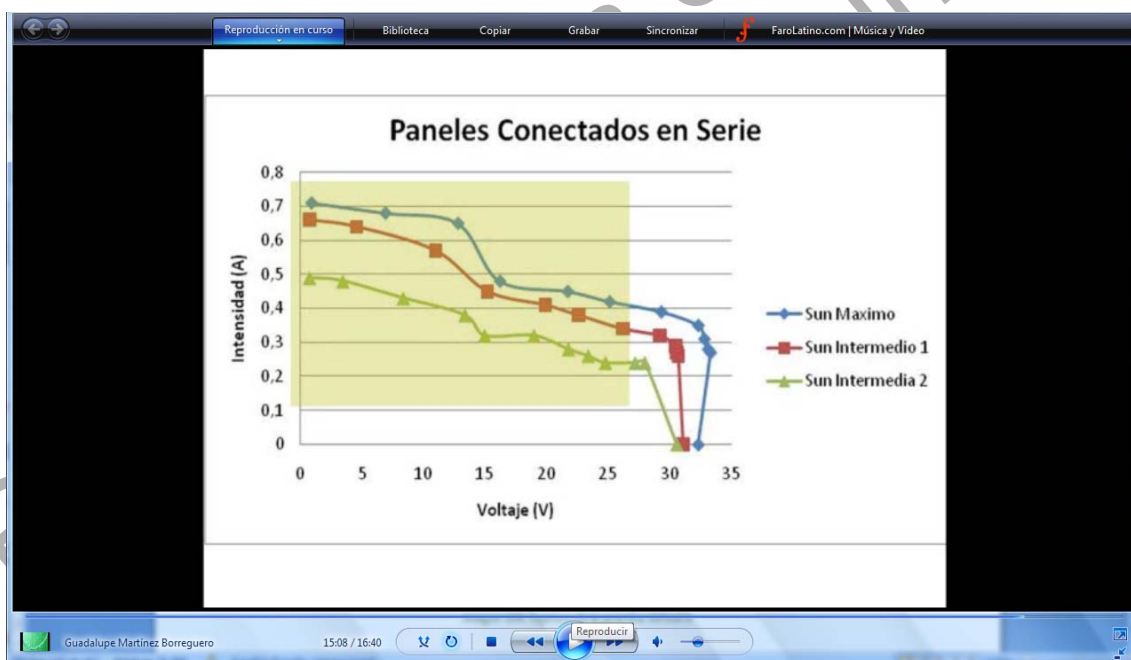
Sugerimos al alumno que cada vez que modifique la posición del reóstato de carga, debe esperar a que los valores que proporcionan los sensores se establezcan con el tiempo, para que los datos tomados sean correctos. Por otro lado, le advertimos que el reóstato de carga no debe permanecer mucho tiempo 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.



**Imagen 5. Captura de la práctica virtual 6**

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 solapamos 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 repetiremos el procedimiento anterior con disminuciones en los valores de la intensidad de radiación que ilumina los paneles solares cambiando las posiciones de los controles sun 1 y sun 2 de modo que obtenemos diversas curvas de intensidad-voltaje según el nivel de intensidad de radiación fijado. Pedimos al alumno que se fije en los valores de medida que proporcionan los sensores de intensidad de corriente, de tensión y de radiación solar, así como la de los tres sensores de temperatura. Para focalizar la atención del alumno en la toma de datos realizamos un zoom en la zona superior derecha de la interfaz. Añadimos en el video un ejemplo de la tabla de datos que debemos completar. Para la realización de esta animación usaremos el programa "Power point". Con los datos obtenidos mostraremos al alumno algunas de las curvas características obtenidas con los paneles conectados en serie. Para la realización de estas gráficas usaremos el programa Excel, de modo que una vez generado el archivo de la curva, crearemos una animación para explicar al alumno un análisis de los resultados obtenidos.



**Imagen 6. Curvas experimentales de intensidad-voltaje obtenida con los paneles conectados en serie**

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 distintos puntos 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 de los paneles solares conectados en serie”

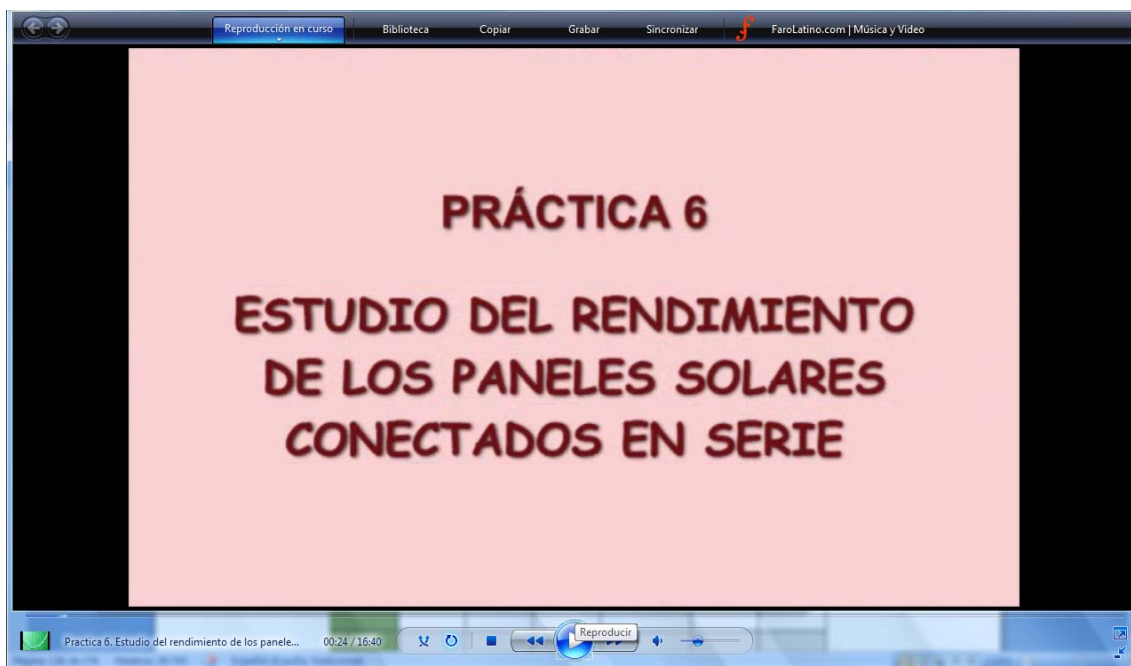


Imagen 7. Captura de la práctica virtual 6

#### **1.1.4.- Desarrollo de la práctica**

Para el desarrollo de la siguiente práctica es necesario seguir los siguientes pasos:

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

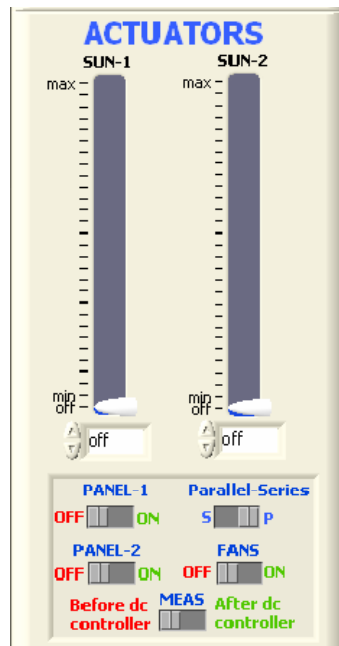


Imagen 8. Posición de los controles digitales de la práctica 6

6. Pulse "START" para comenzar con la aplicación ESFC.
7. Pulse "START SAVING" para guardar un registro de los resultados obtenidos durante la realización de la práctica.
8. Conecte los paneles solares en serie seleccionando la posición "S" en el selector "Parallel-Series".
9. Conecte los paneles PANEL-1 y PANEL-2 y mantenga los paneles solares conectados en serie. 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.
10. Cambie la posición del reóstato de carga al 90 % y anote los valores de los parámetros obtenidos.
11. 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.
12. 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.
13. Para obtener la tensión de circuito abierto de los paneles solares conectados en serie, coloque el selector de carga DC en posición 1.
14. Una vez que 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.



**Laboratorio Virtual de Placas Solares Fotovoltaicas**

Expresar los resultados de acuerdo con las siguientes tablas.

**Tabla 1. Tabla de resultados de la práctica 6. Paneles conectados en Serie**

PANEL SOLAR 1 y PANEL SOLAR 2 Conectados en Serie						
REOSTATO	SENSOR DC1	SENSOR DC2	SENSOR SRL	SENSOR ST1	SENSOR ST2	SENSOR ST3
	I (A)	V(V)	Wr (W/m2)	(°C)	(°C)	(°C)
100%						
90%						
80%						
70%						
60%						
50%						
40%						
30%						
20%						
10%						
0%						
Isc						
Voc						

**Tabla 2. Tabla de resultados de la práctica 5. Paneles conectados en Serie con distintas intensidades de radiación**

PANEL SOLAR 1 Y PANEL SOLAR 2. Conectados en Serie						
SUN 1 Y SUN 2	SENSOR DC1	SENSOR DC2	SENSOR SRL	SENSOR ST1	SENSOR ST2	SENSOR ST3
	I(A)	V(V)	Wr (W/m2)	(°C)	(°C)	(°C)
Máximo						
90%						
80%						
70%						
60%						

### Laboratorio Virtual de Placas Solares Fotovoltaicas

50%						
40%						
30%						
20%						
10%						
Mínimo						
Off						

- Trace las curvas i-v para los cinco niveles de radiación.
- A partir de las curvas obtenidas determine el punto de máxima potencia.
- Trace la gráfica  $P_{\max}$  frente  $W_r$ .
- Determine el rendimiento de la 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 en función de la temperatura de trabajo, durante la realización de la práctica.
- Compare los resultados obtenidos en esta práctica con los obtenidos en la práctica anterior y explica las diferencias, en caso de que existan.

#### 1.1.6.- Notas

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

