



## PRACTICAS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

### Práctica #1: ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

#### 1. OBJETIVOS

- ✓ Estudiar y caracterizar los paneles solares
- ✓ Obtener la curva I-V variando parámetros.
- ✓ Cuantificar la eficiencia de un panel solar.

#### 2. INTRODUCCIÓN.

La caracterización es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos o a lo cuantitativo con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo. Para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos; y a partir de ellos, describir de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado. En otras palabras la caracterización de corriente-voltaje permite visualizar el rendimiento de una celda fotovoltaica, evidenciando los efectos de la irradiación, la temperatura de la célula solar y la carga eléctrica en el comportamiento la misma.

#### 3. MATERIALES

- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Paneles
- Cables de conexión

#### 4. INFORMACIÓN PREVIA

- Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos
- ¿Qué es la curva característica de un panel o curva i-v?
- Como se hace una curva V-I
- Eficiencia de un panel fotovoltaico
- Modelo eléctrico de un sistema.



## 5. PROCEDIMIENTO

- **EFFECTO DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN EN LA CORRIENTE DEL PANEL**

La determinación del ángulo óptimo de inclinación es un factor de diseño que afectará notablemente la producción total del sistema solar fotovoltaico.

Determinación del ángulo óptimo de inclinación:

Ecuación de comportamiento

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69\phi$$

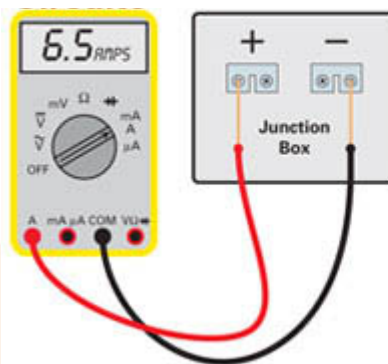
Angulo $\beta$ (°)	Corriente(A)	Voltaje(V)	Perdida con respecto al optimo (%)

**TABLA #1: Tabla incidencia angulo de inclinación**

**NOTA.** Para la caracterización de los paneles es importante tener en cuenta que todo cálculo se realizara con el Angulo óptimo

- **CARACTERIZACIÓN DE LOS PANELES**

- Para la caracterización, se tomaran medidas de intensidad y voltaje para cada panel solar. (Para los módulos con dos paneles únicamente se caracteriza uno de ellos.)
- Se ubican los módulos de modo que no cambie su temperatura ni la radiación mientras se hacen las pruebas.
- Medida de intensidad en corto circuito.

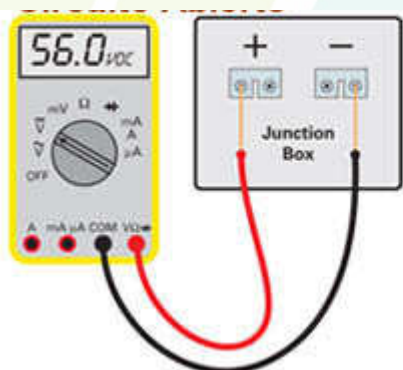


**FIGURA 1. CORRIENTE EN CORTO CIRCUITO**

**Fuente:** <http://www.electricidad-gratuita.com/Imagenes/multimetro1.jpg>

**Importante:** Esta medida debe realizarse lo más rápido posible para evitar daños en el panel.

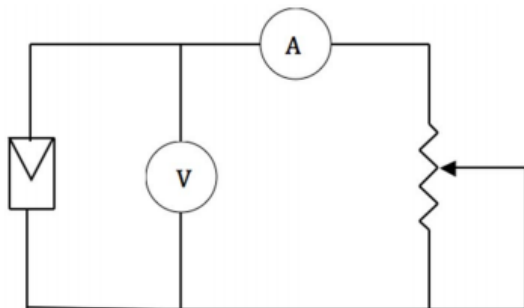
- Medida de voltaje en circuito abierto.



**FIGURA 2. VOLTAJE EN CIRCUITO ABIERTO**

**Fuente:** <http://www.electricidadgratuita.com/Imagenes/multimetro1.jpg>

- Los elementos de medición se conectan como indica la figura 3.
- Los datos se toman variando de mayor a menor la resistencia (Con todos los bombillos prendidos y se van apagando uno a uno). Esto con el fin de encontrar la corriente y el voltaje máximo en el sistema.
- Realizar la curva característica para cada tipo de panel.



**FIGURA 3:** Diagrama del circuito eléctrico para la medición de la curva I- V  
**Fuente:** Autores

**Panel:** \_\_\_\_\_

**Temperatura:** \_\_\_\_\_

**Irradiación:** \_\_\_\_\_

Resistencia	voltaje	Corriente	Potencia

**TABLA #2**

**NOTA:** La corriente en corto circuito y el voltaje en circuito abierto se utilizan para fabricar la gráfica I-V.

Los datos en la tabla #1 se emplean para encontrar la corriente y el voltaje máximo.

### • EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL PANEL

Los sistemas de energía solar dependen de las condiciones ambientales de operación, la temperatura en el módulo es un factor importante en la eficiencia del sistema para ello tomaremos los datos de la temperatura sobre la superficie del módulo con la termocupla de un equipo de medición (multímetro).



1. Conectar el sistema (Panel, controlador, inversor, batería, resistencias)
2. Medir la temperatura inicial del panel y posteriormente la corriente y el voltaje del panel. **ESTA MEDIDA SE DEBE TOMAR ANTES DE EXPONER EL PANEL AL SOL.**
3. Medir la temperatura, el voltaje y la corriente en intervalos de 5 minutos.

Panel: \_\_\_\_\_

Irradiación: \_\_\_\_\_

T(°C)	(V)	I(mA)	W
5 minutos después			
10 minutos después			
15 minutos después			

TABLA #3

- **EFECTO DE LA SOMBRA**

Para analizar los efectos de la sombra en el comportamiento de la gráfica I-V del panel es necesario realizar mediciones con el panel totalmente descubierto, cubriendo una parte y cuando la mayoría del arreglo de celdas está tapado.

Panel: \_\_\_\_\_

Temperatura: \_\_\_\_\_

Irradiación: \_\_\_\_\_

Cantidad de sombra	Voltaje	Potencia	Eficiencia	Corriente
<i>Descubierto</i>				
<i>Una celda cubierta</i>				
<i>Todo cubierto</i>				

TABLA #4: Incidencia sombreado en módulos



- **EFICIENCIA DEL PANEL**

La eficiencia es la relación entre la potencia luminosa que incide en el panel y la potencia eléctrica que se obtiene. La potencia se obtiene como el producto de la tensión por la intensidad y existe un punto de operación donde esta es máxima, que se sitúa en el punto de inflexión de las curvas, en este punto la resistencia de carga coincide con el valor de la resistencia interna de la célula.

La potencia máxima se suele dar cuando la intensidad es del 90% de la intensidad del circuito  $I_m=0,9I$ . En concreto la potencia máxima es el producto de esta corriente máxima por la tensión correspondiente.

$$\eta = \frac{P_m}{E * A_{c\eta}} X 100$$

$P_m$ : Punto de potencia máxima,

E: Irradiancia ( $W/m^2$ ),

$A_{c\eta}$ : Área superficial de la célula solar ( $A_c$  en  $m^2$ ).

RESISTENCIA	ANGULO	VOLTAJE	CORRIENTE	RENDIMIENTO

**TABLA #5**





## PRÁCTICAS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

### Práctica #2: SERIE-PARALELO

#### 1. OBJETIVOS

- ✓ Conectar adecuadamente los sistemas en serie y paralelo.
- ✓ Identificar las variaciones en V y I con las conexiones en serie y paralelo de las baterías y los paneles.
- ✓ Seleccionar el inversor y el controlador adecuado en cada situación.

#### 2. INTRODUCCIÓN

Los paneles solares y las baterías permiten interconectarse para modificar sus características iniciales de corriente y voltaje. Dependiendo del tipo de conexión (serie, paralelo o mixto), varía la corriente o el voltaje brindando las condiciones óptimas para satisfacer las necesidades de la aplicación.

#### 3. MATERIALES

- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Cables de conexión
- Bancos de energía solar fotovoltaica.

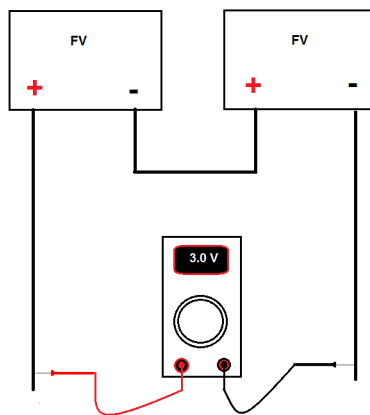
#### 4. PROCEDIMIENTO

- En este procedimiento se realizara en condiciones reales con diferente tipos de ángulo



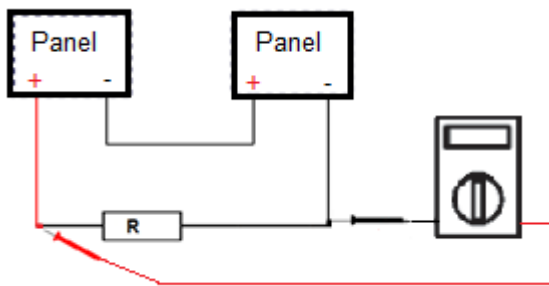
✓ **Para paneles**

- Conexión en serie de paneles solares



**FIGURA1.** Conexión en serie  
**Fuente:** Autor

- Proceder a la Medición del voltaje en circuito abierto
- Conectar resistencias. Mida la corriente y el voltaje de las resistencias (carga)



**Figura 2.** Conexión en serie con resistencias  
**Fuente:** Autor.

- Realizar la misma operación con los módulos FV en paralelo



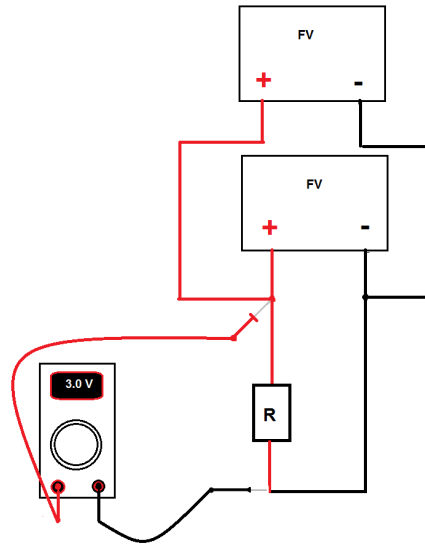


Figura3. Conexión de paneles en paralelo

Fuente: autor

Panel: \_\_\_\_\_  
Temperatura: \_\_\_\_\_  
Irradiación: \_\_\_\_\_

CONEXIÓN	ANGULO	$V_{CA}$	$I_{cc}$
SERIE			
PARALELO			

Tabla1: Incidencia angulo de inclinación

¿hasta qué ángulo es permitido girar el sistema para que no cambie sus condiciones cuando conectamos en serie y en paralelo ?



CIRCUITO	RESISTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA
SERIE				
PARALELO				

Tabla2: Incidencia de la carga resistiva serie-paralelo

✓ **Para acumuladores o baterías.**

- En grupo seleccionar un módulo y conectar las baterías en serie como se muestra en la figura 3 y en la Figura 4.
- Medir el voltaje en circuito abierto
- Conectar resistencias y proceder a la Medición de la corriente y el voltaje de las resistencias

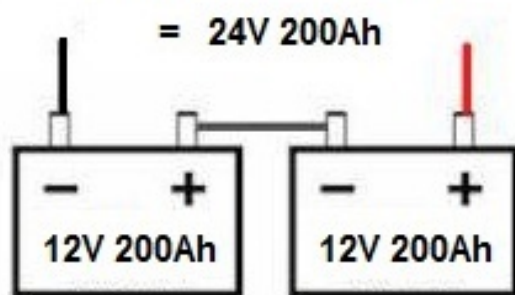
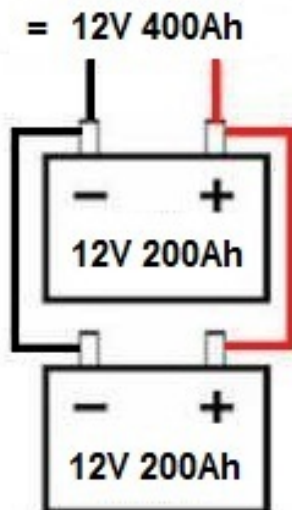


Figura 3. Conexión en serie

Fuente: <http://www.mpptsolar.com/es/images/batterie/batterie-serie.jpg>



**Figura4.** Conexión en paralelo

**Fuente:** <http://www.mpptsolar.com/es/images/batterie/batterie-parallelo.jpg>

CONEXIÓN	$V_{CA}$	$I_{CC}$
SERIE		
PARALELO		

**Tabla 3: Incidencia banco de baterías**

CIRCUITO	RESISTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA
SERIE				
PARALELO				

**Tabla 4: Analisis del compartamiento de la carga en las baterías**



✓ **SELECCIÓN DE LA TENSIÓN DE TRABAJO (12/24/48 V<sub>DC</sub>)**

Para seleccionar el inversor que se adecue a las necesidades de nuestro sistema solar fotovoltaico es importante comprender y entender el comportamiento de la corriente con respecto al consumo, para ello determinaremos la cantidad de energía proveniente de la(s) batería(s) y el consumo de las cargas.

<b>TENSIÓN DEL SISTEMA: 12V</b>						
<b>R(<math>\Omega</math>)</b>	<b>(V)</b>	<b>I<sub>in</sub>(A)</b>	<b>I<sub>OUT</sub>(A)</b>	<b>W<sub>Teorica</sub></b>	<b>W<sub>real</sub></b>	<b>Tiempo de autonomía</b>
<b>TENSIÓN DEL SISTEMA: 24V</b>						
<b>R(<math>\Omega</math>)</b>	<b>(V)</b>	<b>I<sub>in</sub>(A)</b>	<b>I<sub>OUT</sub>(A)</b>	<b>W<sub>Teorica</sub></b>	<b>W<sub>real</sub></b>	<b>Tiempo de autonomía</b>



<b>TENSIÓN DEL SISTEMA: 48V</b>						
<b>R(<math>\Omega</math>)</b>	<b>(V)</b>	<b>I<sub>in</sub>(A)</b>	<b>I<sub>out</sub>(A)</b>	<b>W<sub>Teórica</sub></b>	<b>W<sub>real</sub></b>	<b>Tiempo de autonomía</b>