

---

# Caracterización Del Voltaje $V_{OC}$ De Una Celda Fotovoltaica De Silicio Monocristalino Con Respecto a La Temperatura

## “Energía Solar Fotovoltaica”

Adriano Peña, Rolando

Universidad Nacional De Ingeniería

E-mail: [rolando\\_adriano@hotmail.com](mailto:rolando_adriano@hotmail.com)

Lima-Perú

### RESUMEN

En el presente trabajo se caracteriza el voltaje a circuito abierto ( $V_{OC}$ ) de una celda fotovoltaica de silicio monocristalino en el rango de temperaturas de 30°C a 80°C, para este propósito se utilizó una lámpara dicróica como simulador de sol y una lámpara incandescente como fuente de calor.

### 1.-Introducción

La baja densidad poblacional en la sierra y las dificultades geográficas de la selva peruana hacen que dotar de energía a los pobladores de estos lugares sea muy caro o imposible de la forma tradicional. Por ello el gobierno considera una solución a este problema, la instalación de sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD). En este contexto es importante conocer cómo es afectado el comportamiento del panel fotovoltaico con la temperatura, ya que nuestro país tiene una diversidad de microclimas, que muchas veces alcanza extremos, como por ejemplo, en Puno se puede tener una temperatura ambiente de -5°C y de 40°C en Iquitos.

#### 1.1-Objetivo

Estimar experimentalmente las pérdidas de potencia eléctrica que puede tenerse por causa del aumento de la temperatura en las celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino.

### 2.-Fundamento teórico

#### 2.1.-Ecuación característica de una celda solar

La Figura 1 muestra el circuito equivalente de una celda fotovoltaica ideal, constituido por un generador de corriente  $I_L$  y un diodo en paralelo, aplicando la ley de nodos en este circuito tenemos,

$$I = I_L - I_D, \quad (1)$$

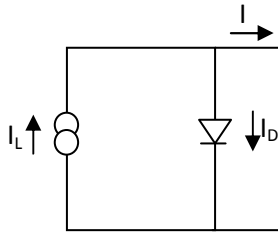
donde:

$I_L$  es la corriente foto generada, depende de la iluminación.

$I_D$  es la corriente de recombinación de los portadores, tiene una dependencia exponencial dada por,

$$I_D(V) = I_0 \left[ \exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1 \right]$$

(2)



**Figura 1.** Diagrama eléctrico de una celda ideal, conformado por una fuente de corriente y un diodo conectados en paralelo.

Una celda real se puede representar por el circuito de la Figura 2, donde se agrega al circuito ideal una resistencia en serie y otra en paralelo. La resistencia en paralelo puede ser debido a, i) la fuga de corriente por la superficie de los bordes de la celda; ii) caminos de difusión a lo largo de dislocaciones o iii) fronteras de grano, etc. Y La resistencia en serie puede ser debido a, i) la resistencia de los contactos metálicos con el semiconductor; ii) la resistencia ofrecida por las capas semiconductoras de la celda y iii) la resistencia de la rejilla o de metalización frontal.

Del circuito eléctrico de la Figura 2 se puede obtener la ecuación,

$$I_D(V) = I_0 \left[ \exp\left(\frac{e(V + IR_S)}{mKT}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_S}{R_P} \quad (3)$$

**Figura 2** diagrama eléctrico de una celda real; el cual se obtiene a partir del circuito ideal, agregando una resistencia en serie y otra en paralelo.

## 2.2.- Influencia de la temperatura en el VOC de una celda fotovoltaica

Para tratar efectos de temperatura es suficiente tomar solo una parte de la ecuación 3 es decir,

$$I = I_L - I_0 \left[ \exp\left(\frac{e(V + IR_S)}{mKT}\right) - 1 \right], \quad (4)$$

donde  $I_L$  puede considerarse independiente de la temperatura, la variación mas marcada es  $I_0$  que tiene una dependencia exponencial,

$$I_0 = KT^4 \exp\left(\frac{-E_{G0}}{KT}\right) \quad (5)$$

de las ecuaciones (3), (4) y (5) se puede obtener una ecuación para el voltaje a circuito abierto ( $V_{OC}$ ); haciendo  $I=0$  en (4), reemplazando en (3) y despejando  $V_{OC}$  se tiene,

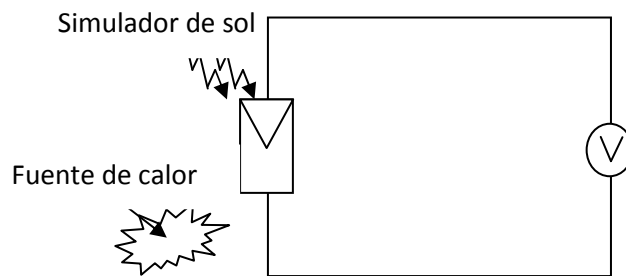
---

$$V_{OC}(T) = \frac{E_{G0}}{e} - \frac{KT}{e} \ln\left(\frac{KT^3}{I_L}\right)$$

(6)

### 3.-Procedimiento experimental

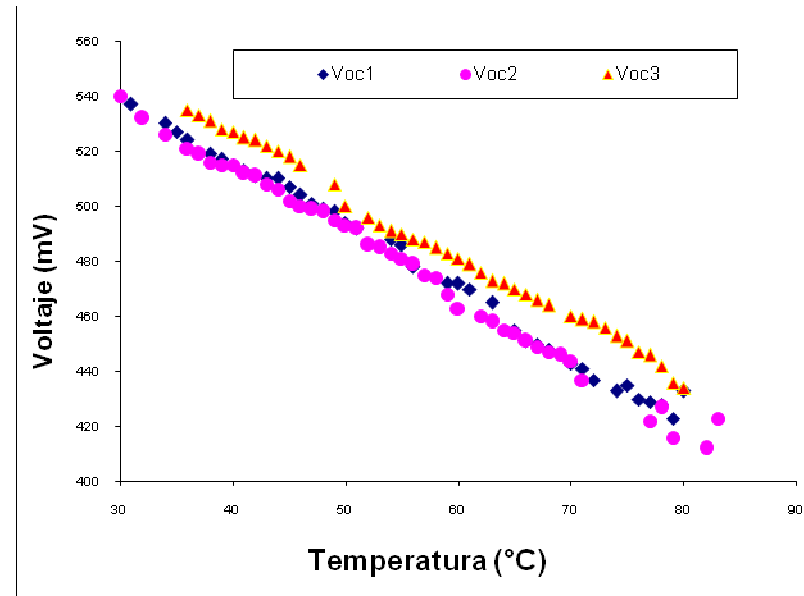
Se dispuso el equipo como se muestra en el diagrama de la figura 3, luego se encendió el simulador de sol (lámpara dicróica de 50 W, 12V) y también la fuente de calor (una lámpara incandescente de 100 W, 220 V), esta última se fue acercando a la parte inferior de la celda fotovoltaica, de tal modo que se eleve lentamente la temperatura de la celda (la temperatura fue medida con una termocupla tipo k). El rango de mediciones fue entre 30°C y 83 °C.



**Figura 3.** Circuito utilizado para caracterizar la celda fotovoltaica con respecto a la temperatura.

### 4.-Resultados Experimentales

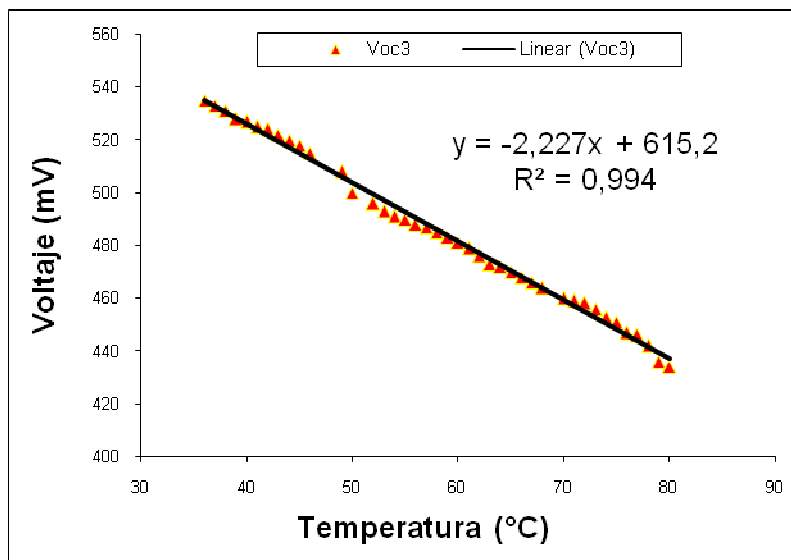
La siguiente grafica (Figura 4) muestra los datos experimentales de la variación de voltaje a circuito abierto ( $V_{OC}$ ) con respecto a la temperatura. La experiencia se repitió 3 veces obteniendo valores parecidos en los tres casos, esto indica que la experiencia es reproducible.



**Figura 4.** Voltaje a circuito abierto de una celda fotovoltaica de silicio con respecto a la temperatura.

### 5.-Discusion

A partir de la grafica de la Figura 4 se observa que las tres series de datos se pueden ajustar a una curvas lineales; en la Figura 5 se muestra el ajuste de la tercera serie de datos, donde se puede apreciar que el voltaje disminuye 2.2 mV por cada grado de temperatura que aumente la celda fotovoltaica.



**Figura 5.** Ajuste lineal del voltaje a circuito abierto (VOC) con respecto a la temperatura

---

Si consideramos que la corriente en el punto de máxima potencia ( $I_M$ ) es constante y que,

$$V_{oc}(T_0) - V_{oc}(T_1) \approx V_M(T_0) - V_M(T_1), \quad (7)$$

donde:

$V_{oc}(T_0)$  es el voltaje a circuito abierto a la temperatura  $T_0$ .

$V_{oc}(T_1)$  es el voltaje a circuito abierto a la temperatura  $T_1$ .

$V_M(T_0)$  es el voltaje en el punto de máxima potencia a la temperatura  $T_0$ .

$V_M(T_1)$  es el voltaje en el punto de máxima potencia a la temperatura  $T_1$ .

Entonces la pérdida de potencia debido a la temperatura será:

$$\text{Pérdida de potencia} \approx \frac{V_{oc}(T_0) - V_{oc}(T_1)}{V_{oc}(T_1)} \quad (8)$$

Utilizando la ecuación (8) para la serie 3 de los datos experimentales, se puede obtener la estimación de la pérdida de potencia por causa de la temperatura, y esto es,

$$\text{Pérdida de potencia} \approx \frac{535 - 434}{535} \approx 20\%$$

(9)

En Iquitos, a una temperatura de ambiente de 30°C, tranquilamente la temperatura de trabajo del panel fotovoltaico puede ser 80°C por esto es necesario tomar en cuenta las pérdidas por causa del aumento de la temperatura.

## 6.-Conclusion

- Las pérdidas de potencia por causa de la temperatura sobre una celda de silicio mono cristalino (en un intervalo de 50°C) puede llegar a ser el 20% de la potencia nominal.

## 7.-Referencias

- Lorenzo, Eduardo; Electricidad solar, Editorial Artes Graficas Gala S.L., capitulo 3, España,1994.
- Valera, Anibal; Electricidad solar, Editorial Ciencias, capitulo 2, Lima-Peru,1986.