MÓDULO V

Tema 1

Resumen

Título

Eficiencia de las células solares

Duración	90 min
Rango de edad del alumnado	10 - 14

Resumen del tema

Se trata de comprobar cuánta de la energía del sol es capaz de aprovechar una célula solar. Se expondrá al sol y se realizarán medidas de tensión y corriente en diferentes condiciones, para calcular la potencia máxima y la potencia proporcionada a un pequeño ventilador.

Resultados de aprendizaje

Finalidad/Objetivos de aprendizaje

- Comprobar cómo se transforma la energía solar en electricidad.
- Entender el concepto de eficiencia de la célula solar y cómo se mide.
- Comprobar cómo se disponen las células solares para incrementar la potencia que proporcionan

Objetivos transversales

- Entender el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos
- Aprender a medir tensiones y corrientes en un circuito eléctrico

Conexión de Objetivos de Desarrollo Sostenible

Este tema está alineado con el ODS 7 “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna”- Meta 7.2 7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas

Implementación

Facilitación

- Se debe seleccionar un día con el cielo despejado y muy soleado, y hacer la actividad en las horas centrales (con el sol en el cenit) o bien disponer de lámparas de 100 Watt incandescentes para utilizar en el interior.
- Se aconseja hacer grupos de 4 o 5 estudiantes para realizar esta actividad
- Se debe asegurar que todos los materiales están preparados (células con sus cables y bananas, ventiladores con sus cables y bananas, multímetros…, puede ser necesario utilizar un estañador para colocar los terminales en los cables) antes de la clase.
- En el exterior se precisarán mesas, o algún lugar adecuado, donde colocar todo el material para poder hacer las medidas.

Recursos / Materiales necesarios

Materiales para cada grupo de alumnos (ver Figura V.1.1):

- Dos células solares (mejor con los cables ya tendidos) (similares a ésta)
- Un multímetro para medir tensión y corriente en CC
- Luz solar u otra fuente de luz potente, como una bombilla incandescente de 100 vatios
- Un pequeño ventilador USB (que funcione a 5 voltios) o cualquier motor pequeño de 5 voltios CC como los que se utilizan con Arduino, cables rojo y negro para conectarlo (puede ser necesario soldar)
- Clavijas de tipo banana o pinzas de cocodrilo (tres rojas y tres negras) para los cables de las células solares y el ventilador
- Regla
- Calculadora, papel y bolígrafo

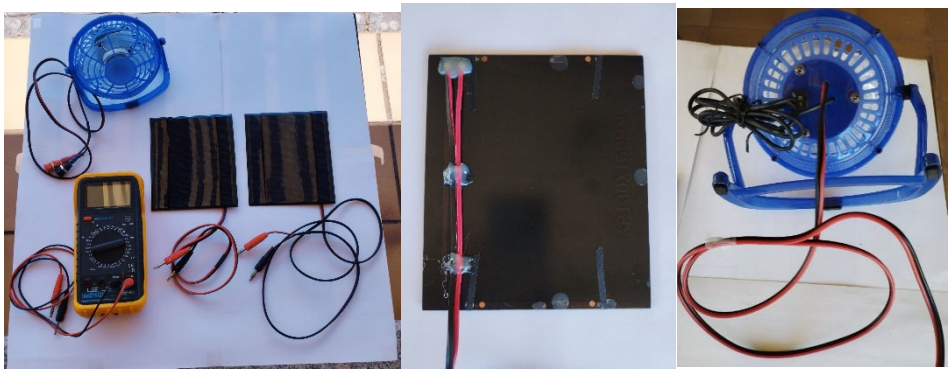


Figura V.1.1. Materiales para cada grupo de estudiantes

Ideas para continuar

- Comprobar el efecto de las sombras sobre las células solares, midiendo su tensión y corriente con diferentes porciones de las células sombreadas
- Visitar una instalación fotovoltaica y comprobar cuánta electricidad produce

Fuente / Materiales y preparación de la clase

- Esta actividad está basada en https://www.exploratorium.edu/snacks/output-solar-cell, created by Exploratorium Teacher Institute, licensed under Creative Commons Attribution-Noncommercial-ShareAlike 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para aprender sobre energía solar fotovoltaica

- Energy Kids es un sitio web dirigido a los estudiantes y albergado por la Administración de Información Energética (EIA) del Departamento de Energía de Estados Unidos. El sitio incluye información variada y actividades sobre la energía.

Para aprender sobre tensión y corriente

- BBC Bitesize es un recurso online gratuito de apoyo al estudio diseñado para ayudar con el aprendizaje, la revisión y los deberes. Bitesize ofrece apoyo a alumnos de 5 a 16 años en una amplia gama de materias escolares.

Esquema del tema

Tiempo	Instrucciones paso a paso
20 min	Introducción Qué es una célula solar, cómo funciona, qué es tensión y corriente y cómo se miden.
15 min	Medidas de tensión y corriente (Voc, Isc) Disponer una célula solar bajo la luz del sol, realizar las medidas de tensión (V) y corriente (I) con el multímetro. Colocar la célula boca abajo (para que no reciba la luz solar) y medir tensión y corriente. Orienta la célula solar hasta comprobar que obtienes el valor máximo de tensión, en ese momento los rayos del sol impactan perpendicularmente en su superficie. Mide ahora el valor de tensión, a ese valor se le denomina Voc Repite el mismo procedimiento para medir la corriente, a ese valor se le denomina Isc. Calcular la potencia máxima (Pmax=Voc x Isc)
15 min	Medidas de tensión y corriente con una carga (Vload, Iload) Conectar los dos terminales de la célula solar a los dos cables del ventilador. Girar la célula para colocarla hacia el sol y comprobar cómo gira el ventilador, comprobar cómo varía la velocidad en función del ángulo de orientación de la célula respecto a la luz solar. Orientar la célula para que la velocidad sea máxima. Sin desconectar el ventilador medir la tensión con el multímetro. Luego configurar el multímetro para medir la corriente y conectarlo en serie con el ventilador y la célula solar. Calcular la potencia entregada a la carga (Pload=Vload x Iload)
10 min	Calcular la eficiencia de la célula solar Medir el área activa, A, de la célula solar Calcular la potencia solar recibida por la célula multiplicando la intensidad del sol (1000 W/m^2) por el área A. Obtener la máxima eficiencia teórica y la eficiencia real con el ventilador conectado.
15 min	Maximizar la potencia. 2 células en serie Conectar el terminal positivo de una célula con el terminal negativo de la otra. Medir la tensión utilizando los otros dos terminales de las células. La tensión total debe ser aproximadamente la suma de las tensiones de cada célula. Con esta disposición cambiar los terminales del multímetro para medir la corriente. La corriente de la serie debe ser aproximadamente igual a la corriente de una célula. Con esta disposición obtendrás el doble de potencia, debido a que obtienes el doble de tensión.

15 min	Maximiza la potencia. Dos células en paralelo Conectar el terminal positivo de una célula con el terminal positivo de la otra, haz lo mismo con los terminales negativos. Después conecta el multímetro en paralelo para medir la tensión. La tensión total debe ser aproximadamente igual a la tensión de una célula. Con esta disposición cambiar los terminales del multímetro para medir la corriente. La corriente de la serie debe ser aproximadamente igual a la suma de corrientes de dos células. Con esta disposición obtendrás el doble de potencia, debido a que obtienes el doble de corriente.

Evaluación formativa

Metodologías a usar: Observaciones en clase y cuestionario.

Feedback

Se propone este ejemplo (podéis adaptar/modificar):

Net Promoter Score (NPS) es una herramienta ampliamente utilizada para medir la lealtad y satisfacción de los clientes o, en un contexto educativo, de los estudiantes. Mide la probabilidad de que los estudiantes recomienden el tema o el curso a otras personas.
A continuación, se explica cómo analizar y aplicar NPS:

Desarrollo de la pregunta NPS:

- Pregunta principal: "En una escala de 0 a 10, ¿qué probabilidad hay de que recomiende este tema a otros estudiantes?".
- Preguntas de seguimiento: "¿Por qué seleccionaste esa puntuación?" y "¿Cómo podemos mejorar este tema?".

Recogida de respuestas:

- Encuestas digitales: Utiliza herramientas en línea como Google Forms, SurveyMonkey o Typeform para recopilar respuestas de los estudiantes.
- Encuestas en papel: Se reparten cuestionarios en papel al final de la lección para que los rellenen los alumnos. En el Anexo se muestra una plantilla para recoger las respuestas con encuestas en papel.
- Aplicaciones interactivas: Se utilizan aplicaciones interactivas como Quizziz, Mentimeter o Kahoot para recopilar respuestas en tiempo real.

Clasificación de las respuestas:

- Promotores (Puntuación 9-10): Estudiantes muy satisfechos y propensos a recomendar el tema.
- Pasivos (puntuación 7-8): Alumnado satisfecho, pero no entusiasmado; podrían cambiar de opinión fácilmente.

- Detractores (Puntuación 0-6): Alumnado insatisfecho y con pocas probabilidades de recomendar el tema; podrían hacer críticas constructivas.

Cálculo de NPS:

- Fórmula: NPS = % de promotores - % de detractores.
- Interpretación de la puntuación: NPS oscila entre -100 y +100. Una puntuación positiva (por encima de 0) suele ser buena, y una puntuación por encima de 50 es excelente.

Analizar y utilizar los comentarios:

- Revisa los comentarios para comprender las razones que subyacen a las puntuaciones.
- Identifica patrones y áreas específicas de mejora entre detractores y pasivos.
- Utiliza los comentarios positivos de los promotores para reforzar los aspectos positivos del tema.

Anexos

CUESTIONARIO PARA RECOGER FEEDBACK DEL TEMA

En una escala de 0 a 10, ¿con qué probabilidad recomendarías este tema a otros estudiantes?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nada probable Muy probable

¿Por qué elegiste esa puntuación?

¿Cómo se podría mejorar este tema?

CUESTIONARIO PARA RECOGER LAS MEDIDAS DE LAS CÉLULAS SOLARES

Rellenar la Tabla V.1.1 con las medidas de tensión y corriente de una célula

	Máxima luz	Poca luz
Voc		
Isc		

Tabla V.1.1. Medidas de tensión y corriente de una célula

Rellenar la Tabla V.1.2 con las medidas de tensión y corriente en una célula conectada al ventilador

	Máxima luz
Vload	
Iload	

Tabla V.1.2. Medidas de tensión y corriente de una célula conectada al ventilador

Rellenar la Tabla V.1.3. con los cálculos de potencia

$$Potencia = VxI$$

	V	I	Potencia
Potencia máx			
P real			

Tabla V.1.3. Resultados de los cálculos de la potencia

Rellenar la Tabla V.1.4. con los c

$$Efficiencia(\%) = \frac{Pout}{Psun} x100$$

	Área (A)	Psun	Pout	Eficiencia (%)
Eficiencia máx				
Eficiencia real				

Tabla V.1.4. Resultados de los cálculos de eficiencia

Rellenar la Tabla V.1.5 con las medidas de tensión y corriente en dos células en serie y en paralelo, y calcular la potencia en cada caso.

	Voc	Isc	Potencia
Serie			
Paralelo			

Tabla V.1.5. Medidas de tensión y corriente de dos células en serie y en paralelo

GUÍA DE APOYO PARA LOS PROFESORES

Medida de tensión

Medir la tensión en circuito abierto (Voc) de la célula solar. Es la tensión cuando no circula corriente por la célula. Dado que no fluye corriente el voltímetro mide la tensión del circuito abierto.

Disponer el multímetro para medir tensión (DC V ⎓) en una escala para que pueda medir hasta 10 voltios. Conectar el terminal común (COM) del multímetro al terminal negativo de la célula y después conectar el terminal positivo del multímetro al positivo de la célula.

Inclinar y orientar la célula solar hasta comprobar que obtenemos el máximo valor de tensión posible. En la Figura V.1.2 se muestra cómo se conecta el multímetro, en este caso, por ejemplo, se obtuvo un valor de Voc = 5,68 voltios

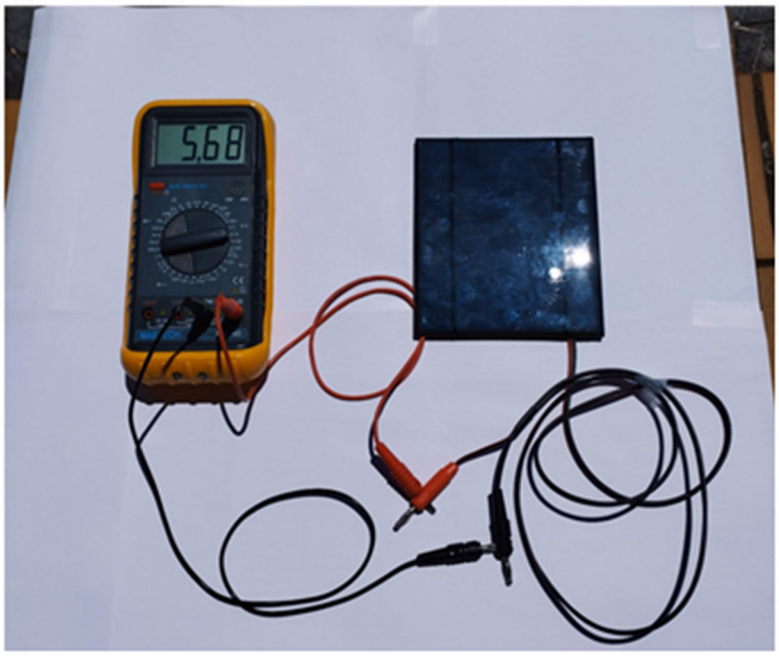


Figura V.1.2. Medida de tensión Voc

Si colocamos la celda boca abajo, cuando apenas recibe la luz del sol, la tensión medida en nuestro caso es de 3,80 voltios, como se puede ver en la Figura V.1.3.

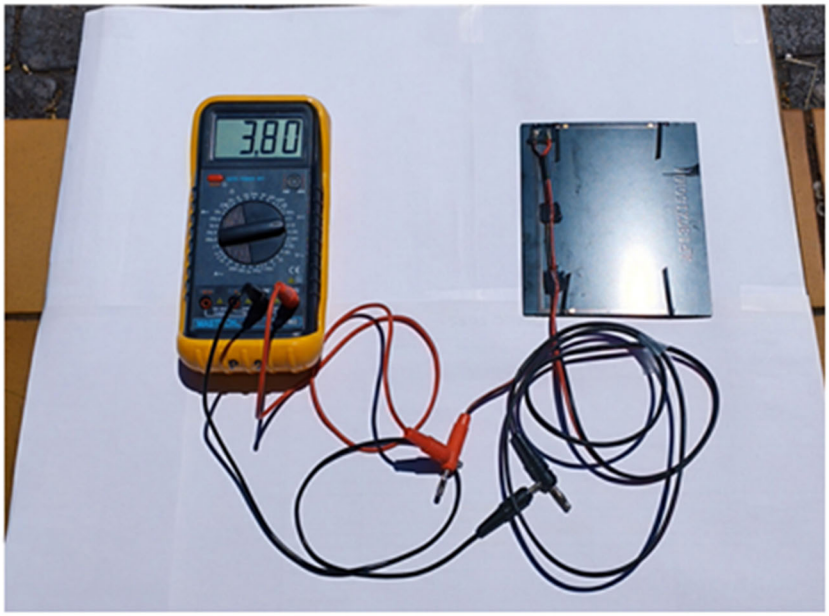


Figura V.1.3. Medida de tensión con poca luz

Medida de corriente

Coloca la célula de nuevo orientada al sol, coloca el multímetro en la posición adecuada para medir corriente “DC amperes” en una escala que permita medir corrientes de mA. Conectar el terminal común (COM) del multímetro al terminal negativo de la célula solar. Luego conectar el terminal positivo del multímetro al positivo de la célula. Es importante destacar que es preciso cambiar la posición del terminal positivo en el multímetro para poder medir corrientes.

La corriente máxima que puede producir una célula solar se produce cuando se conecta un cable uniendo sus terminales. Se denomina corriente de cortocircuito o Isc. Al igual que un cable, un amperímetro tiene una resistencia muy baja, por lo que registrará una medición como un cortocircuito.

Observe en la Figura V.1.4 la corriente Isc a través de la célula solar. En nuestra configuración, la corriente de la célula solar midió Isc = 0,508 amperios a plena luz del sol (sus resultados pueden variar).

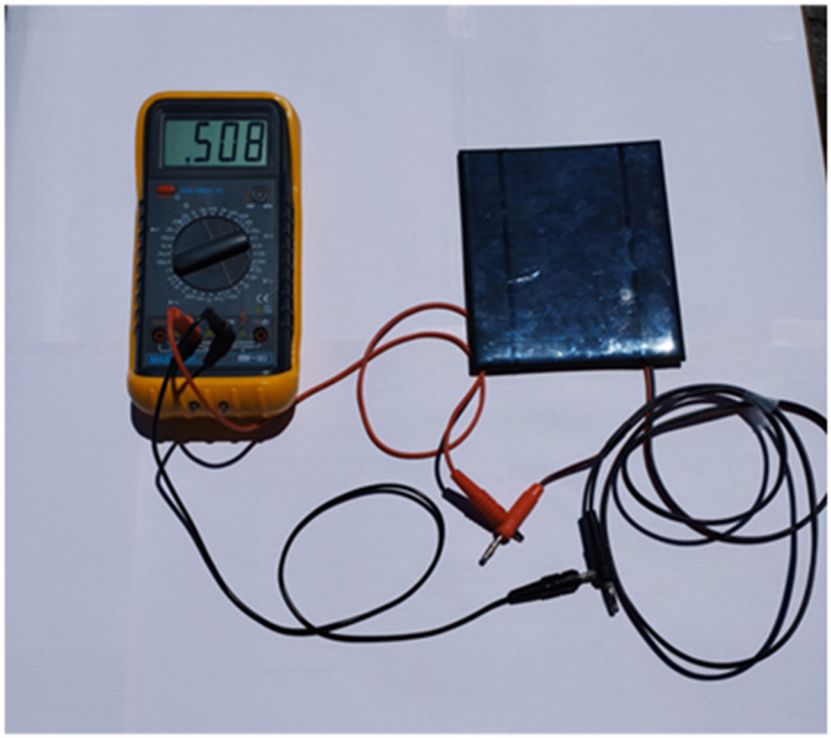


Figura V.1.4. Medida de la corriente Isc

Prueba a inclinar la célula solar. ¿Cómo cambia la corriente? Ver Figura V.1.5

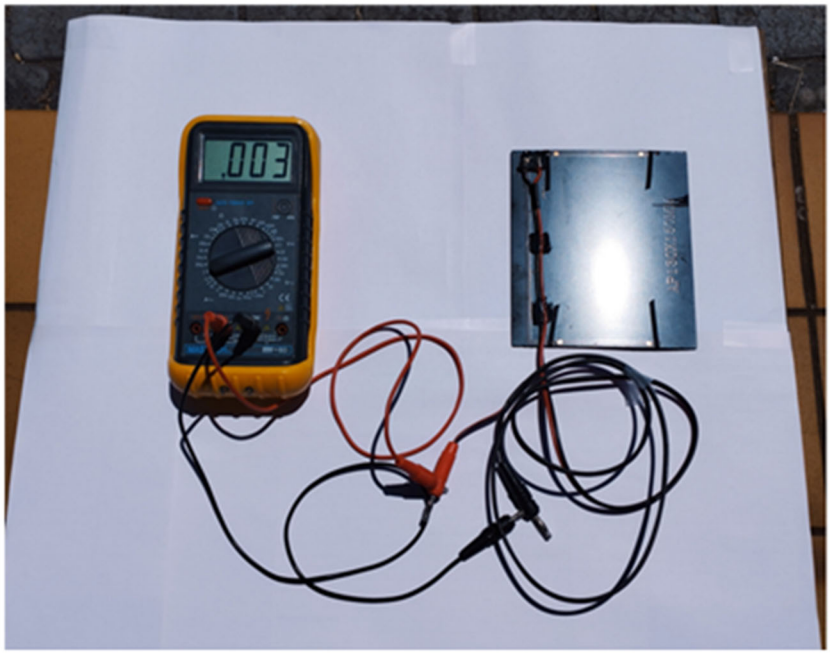


Figura V.1.5. Medida de corriente Isc con poca luz

Cálculo de la potencia

Conecta los dos terminales de la célula solar a los dos terminales del ventilador como se muestra en la Figura V.1.6. Dale la vuelta a la célula solar y observa cómo gira cuando le da el sol. Inclina la célula solar para maximizar la velocidad del ventilador, y luego inclínala alejándola de su orientación máxima. (Ten cuidado de no hacer sombra a la célula solar mientras la sujetas.) Observa que la velocidad del ventilador es máxima cuando la célula solar está orientada perpendicularmente a una línea que va del sol a la célula solar.

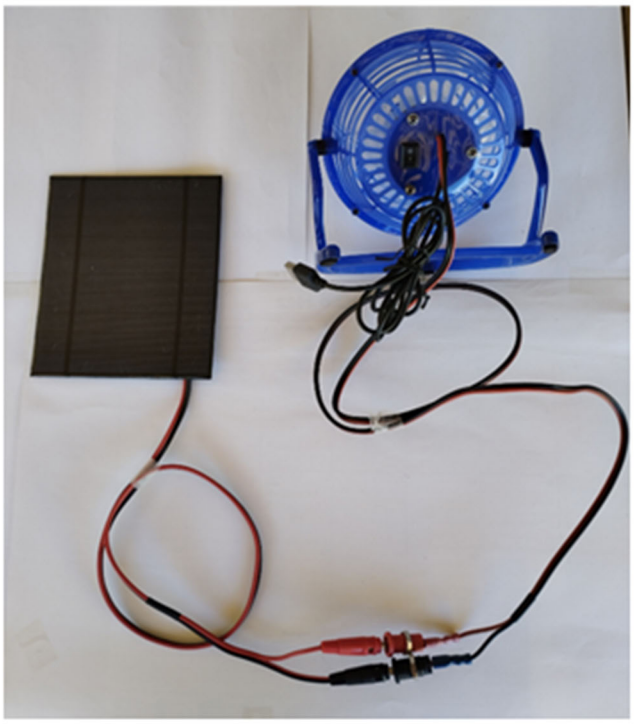
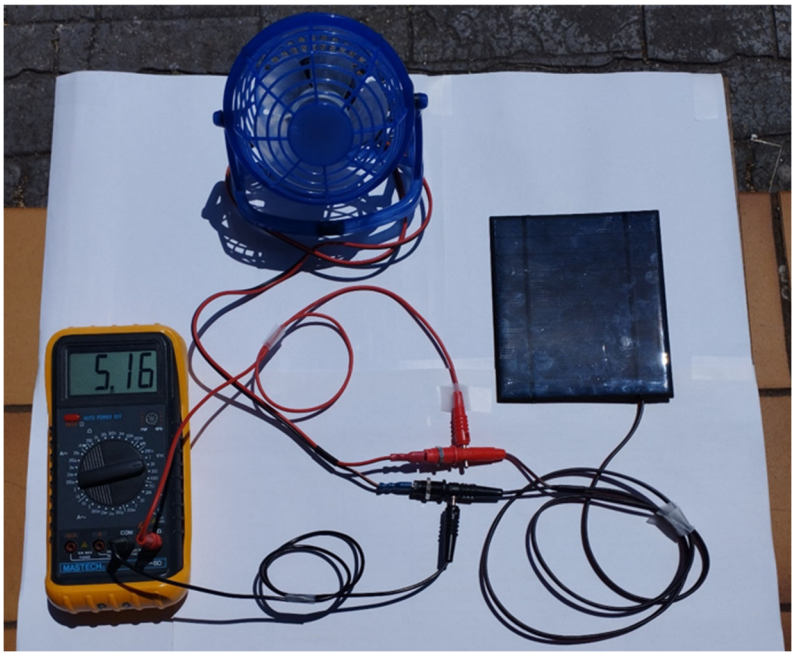


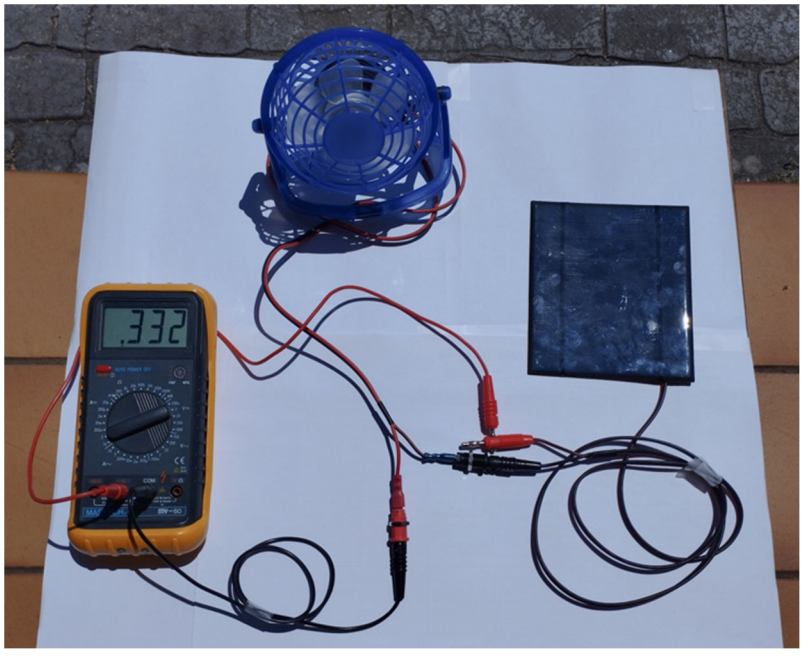
Figura V.1.6. Conexión de la célula con el ventilador

Medir la tensión a través del motor del ventilador mientras funciona a velocidad máxima conectando el medidor como se hizo para medir la tensión Voc. Esta disposición supone colocar el multímetro en paralelo como se muestra en la Figura V.1.7.



Tensión V de la célula conectada al ventilador

Ajustar el multímetro para medir la corriente y conéctalo en un único bucle con el ventilador y la célula solar (véase la foto de abajo). En esta disposición se conecta el multímetro en serie.



Corriente I de la célula conectada al ventilador

Cálculos de potencia

La potencia de una célula solar es el producto de la tensión a través de la célula solar por la corriente a través de la célula solar.

$$Power = VxI$$

La potencia máxima teórica de nuestra célula solar, Pmax, es el producto de Voc por el valor Isc.

Pmax = 5,68 x 0,508 = 2,9 W

La potencia real, Pactual, suministrada por la célula solar al ventilador, en la práctica, es igual a la tensión a través del ventilador, Vload, multiplicada por la corriente a través del ventilador, Iload.

Pactual = 5,16 x 0,332 =1,7 W

Calcular la eficiencia de la célula solar

La eficiencia de la célula solar es la relación entre la potencia eléctrica que se obtiene a su salida y la potencia solar recibida en su entrada.

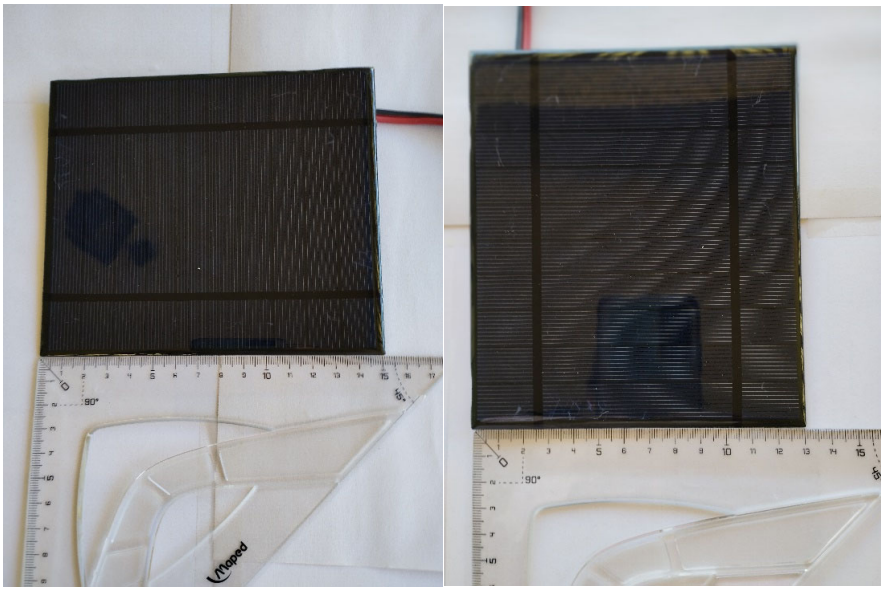
$$Efficiency(\%) = \frac{Pout}{Ps} x100$$

A continuación, se explica cómo calcular la eficiencia de la célula solar:

En primer lugar, calcula la potencia solar que llega a la célula solar multiplicando la intensidad del sol por la superficie de la célula solar.

La intensidad solar del sol, Si, sobre un área determinada en la superficie de la tierra es diferente según la hora del día, y el estado del cielo. En las horas centrales del día y con el cielo despejado, puede ser de aproximadamente 1000 vatios/m^2. Y este es el valor que se utiliza para definir la eficiencia y la potencia de los módulos solares.

Utiliza una regla para medir el área activa, A, de tu célula solar (ver foto inferior).



Medida de las dimensiones

La célula en este experimento mide 13 cm x 15 cm

$$A = 13\ cm \times 15\ cm = 195\ cm^2 = 0{,}0195\ m^2$$

La potencia solar, Ps, recibida por la célula es:

$$Ps = 1000\ W/m^2 \times A\ (m^2) = 1000 \times 0{,}0195 = 19{,}5\ W$$

La eficiencia teórica máxima estimada de la célula solar es:

$$Efficiencia\ \max(\%) = \frac{Pmax}{Ps} x100 = \frac{2{,}9}{19{,}5} x100 = 14{,}9\%$$

La eficiencia de la célula solar cuando está proporcionando potencia al ventilador fue de:

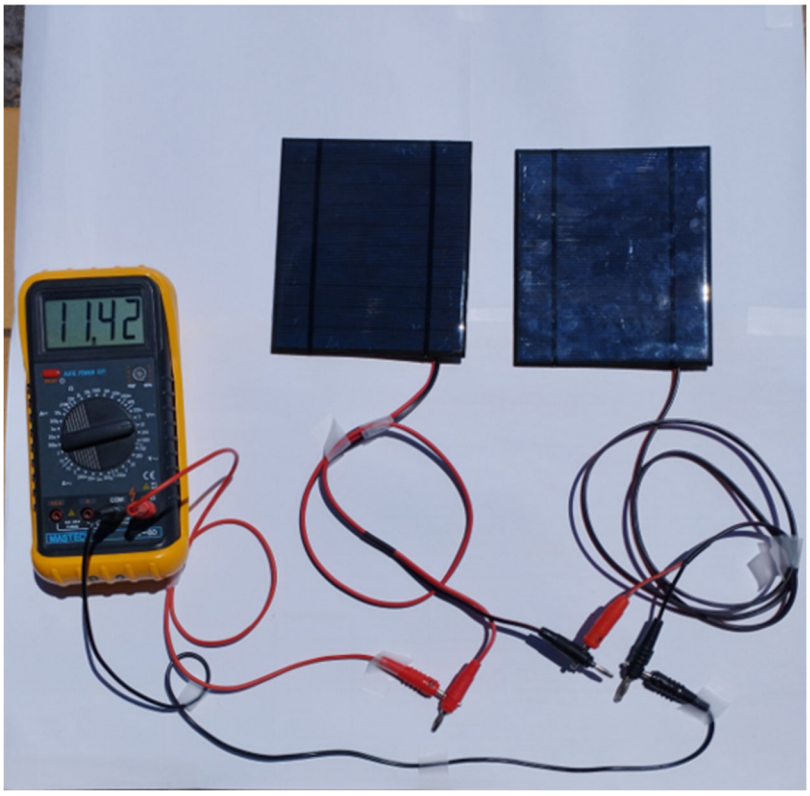
$$Efficiencia\ \max(\%) = \frac{Pactual}{Ps} x100 = \frac{1{,}7}{19{,}5} x100 = 8{,}7\%$$

Maximizar la potencia

Un reto importante en ingeniería es intentar maximizar la potencia entregada al ventilador usando la energía solar. Una manera de lograr esto es combinar dos células solares en serie o en paralelo. Esto es lo que se hace en un módulo solar, combinar varias células para obtener mayor potencia.

Dos células en serie

Conecte el terminal positivo de una célula con el terminal negativo de la otra. Mide la tensión utilizando los otros dos terminales de las células (véase la foto de abajo).



Medida de la tensión de 2 células conectadas en serie

La tensión total es la suma de las tensiones de cada célula, en este caso obtuvimos 11,42 voltios. Recuerda que la tensión medida antes de una célula era de 5,68 voltios.

Manteniendo la misma disposición de las células cambiamos los terminales del polímetro para medir la corriente. La corriente de la serie es igual a la corriente de una célula. En este experimento obtuvimos 0,527 amperios, algo más que la corriente Isc, porque las condiciones de sol eran mejores.



Medida de corriente de 2 células conectadas en serie

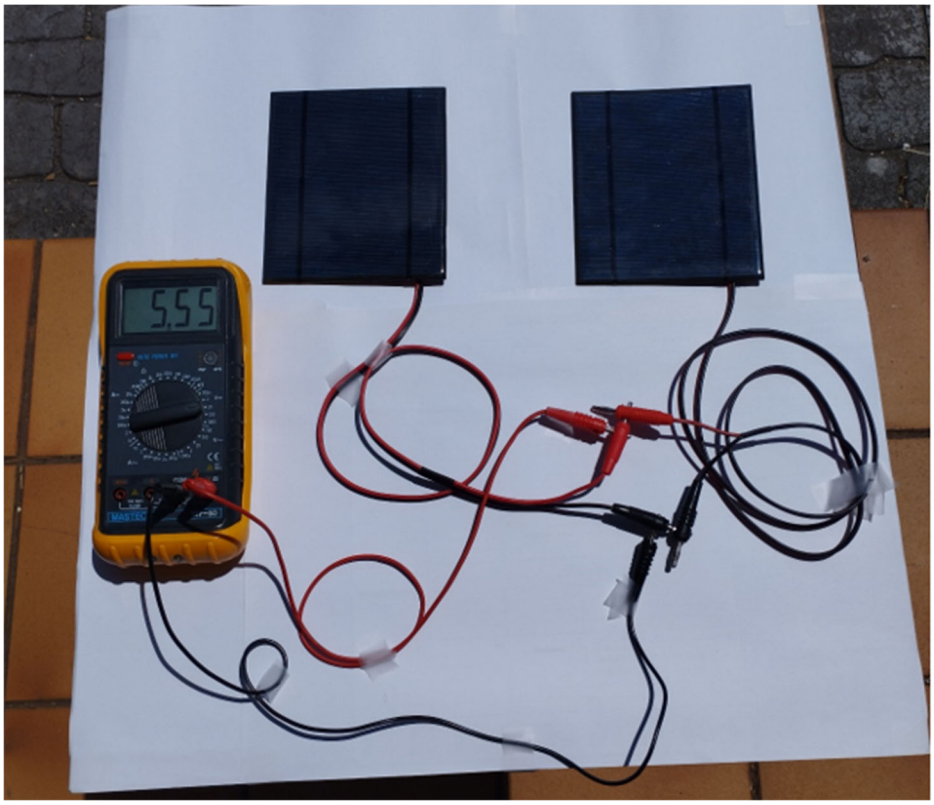
La potencia de las 2 células conectadas en serie fue de:

Power series = 11,42 x 0,527 = 6 W

Dado que tenemos el doble de tensión, obtenemos el doble de potencia.

Dos células en paralelo

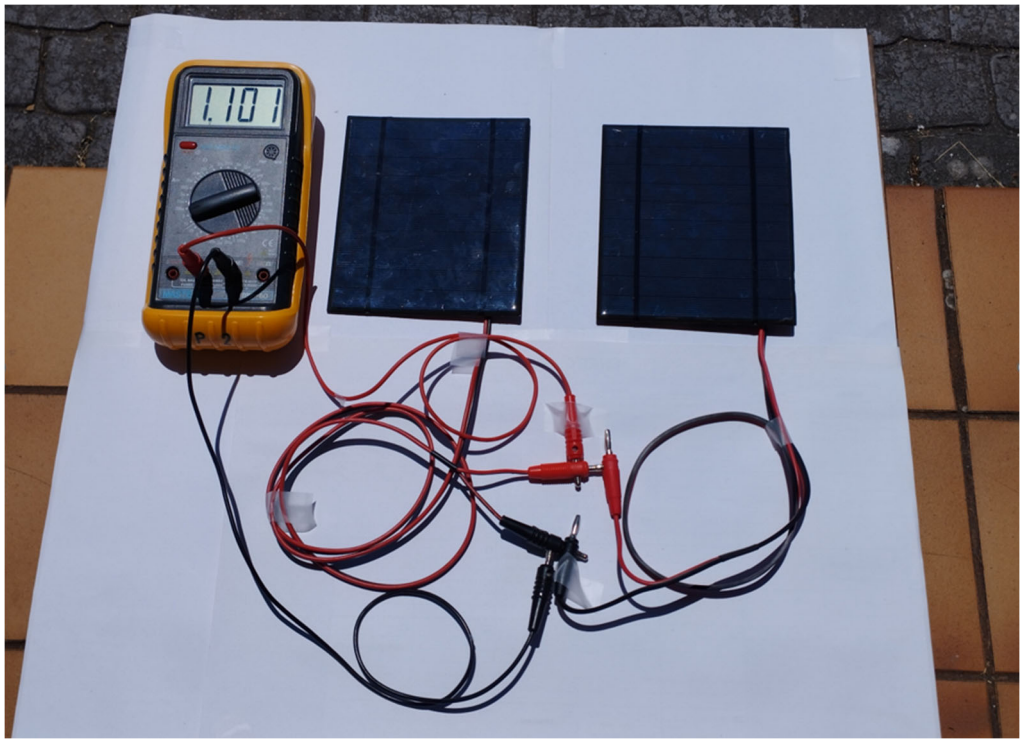
Conectar el terminal positivo de una célula con el positivo de la otra y conectar el terminal negativo de una con el negativo de la otra. Luego conectar el multímetro en paralelo para medir la tensión (ver la foto debajo).



Medida de tensión de 2 células conectadas en paralelo

La tensión medida con las células en paralelo fue de 5,55 voltios, aproximadamente el mismo valor que teníamos con una sola célula.

Con esta disposición cambiamos los terminales del polímetro para medir la corriente. La corriente del paralelo es la suma de la corriente de las dos células. En este experimento teníamos 1,1 amperios.



Medida de corriente de 2 células conectadas en paralelo

Por lo tanto, la potencia de las 2 células conectadas en paralelo fue de:

Potencia en paralelo = 5,55 x 1,1 = 6,1 W

Con esta disposición obtendrás de nuevo el doble de potencia.