



KIT SOLAR C-0112B

MATERIALES QUE CONTIENE EL KIT :

Motor solar	1
Célula solar fotovoltaica	4
Hélice de 4 palas de plástico	1
Soporte motor con adhesivo	1
Buje	1
Palas hélice grande	3
Tornillos	3
Soportes plástico	6
Espumas con adhesivo doble cara	6
Cables de colores con pinzas cocodrilo	10
Espiral en cartón para recortar	1
Aspa en cartón para recortar	1
Hélice de 3 palas en cartón para recortar	1
Polea plástico Ø8 mm	1
Polea plástico Ø12 mm	1
Bombilla E10 intermitente	1
Portalámparas E10	1
LED rojo	1
LED verde	1
LED amarillo	1
CD	1

Instrucciones de montaje del kit

- Preparación del motor
- Montaje de la hélice de 4 palas
- Montaje de las hélices de 2 y 3 palas
- Montaje de las hélices de aspa, espiral y 3 palas
- Preparación de las células fotovoltaicas
- Conexión eléctrica
- Recomendaciones para realizar las prácticas

Prácticas

- Práctica 1
- Práctica 2
- Práctica 3
- Práctica 4
- Práctica 5, más 5 prácticas
- Práctica 6, más 5 prácticas
- Práctica 7, más 5 prácticas
- Práctica 8, más 5 prácticas
- Práctica 9, más 5 prácticas
- Práctica 10
- Más prácticas y más información

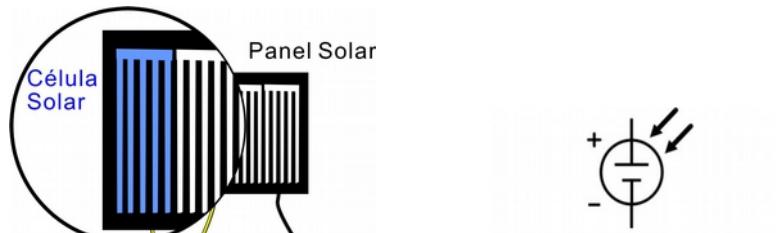
Mi Cuaderno Solar

- ¿Por qué se extiende el uso de la tecnología fotovoltaica?
- Energía limpia
- Origen, la necesidad
- Aplicando resultados
- ¿Cómo es la luz?
- ¿Qué es y qué energía transporta?
- ¿Cómo aprovecharla?
- Luz y electricidad
- Silicio
- Silicio N y P
- La célula solar fotovoltaica
- El panel solar fotovoltaico
- Posicionamiento del panel y aprovechamiento del sol
- ¿Cuanta energía produce una instalación fotovoltaica?
- Unidades de trabajo
- Agrupamiento en serie y paralelo
- ¿Cuando se conectan varios paneles en serie?
- ¿Cuando se conectan varios paneles en paralelo?
- ¿Un sistema mixto es posible?

Información técnica básica sobre energía solar

La célula solar del kit

El elemento más pequeño para la captación solar fotovoltaica es la célula solar. Un panel solar está compuesto por distintas células. Los paneles destinados a uso profesional producen una corriente y tensiones concretas y las células de su interior no pueden manipularse.

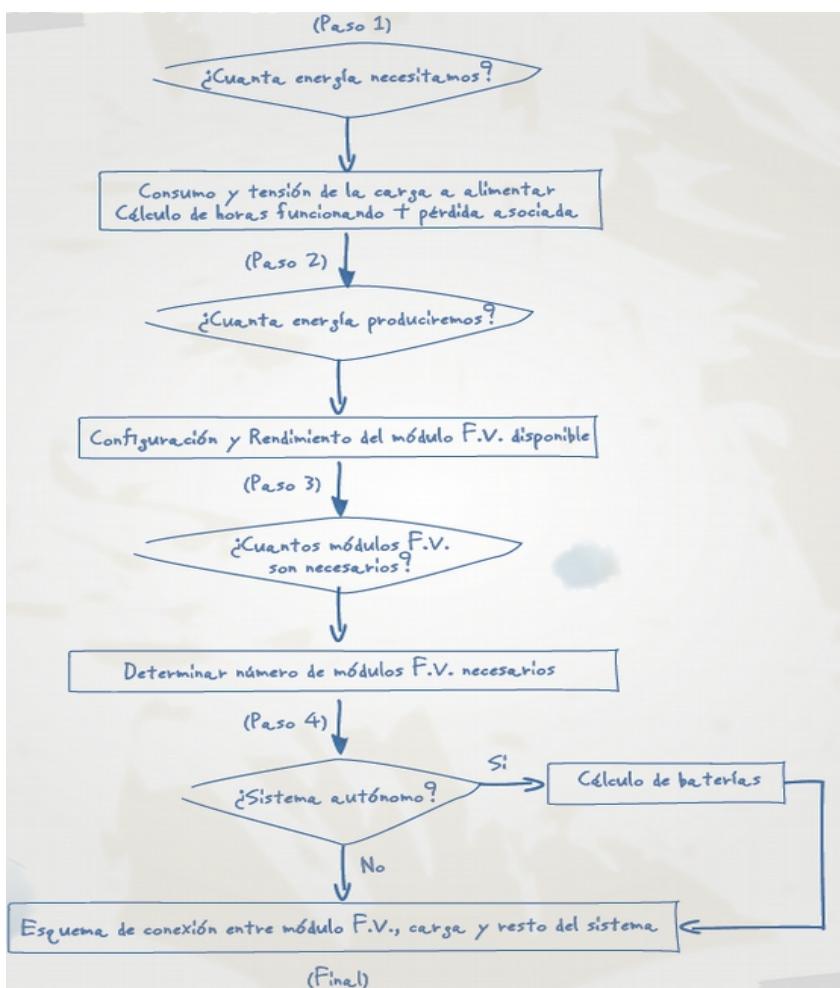


Los paneles solares para educación y experimentación permiten agrupar la conexión de sus células internas, y la tensión y corriente final obtenidas dependerán de dicha configuración. Para referirnos a las células y esquematizar gráficamente las distintas operaciones, se emplea el esquema eléctrico de la célula solar fotovoltaica. Cada símbolo representa a una sola de ellas.

Diseñar un sistema solar fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es modular e ilimitado, cuantas más células solares conectadas entre sí mayor producción de energía, y lo mismo ocurre con los paneles.

Como se describe en "Mi Cuaderno Solar", la conexión en serie o paralelo de distintas módulos, células o paneles, se establece para aumentar la tensión o la corriente de salida. Independientemente de los valores entregados por el módulo fotovoltaico (F.V.), un sistema solar siempre se diseña bajo un mismo organigrama.



Emplearemos dos ejemplos imaginarios para explicar el organigrama.

Ejemplo 1: motor solar de 1,5 V y 200 mA.

Ejemplo 2: equipo cargador de baterías de 4,5 V y 100 mA.

NOTA: Estos ejemplos no tienen nada que ver con el material incluido en el kit.

Paso 1. ¿Cuanta Energía necesitamos?

El primer paso es determinar la tensión de alimentación y el consumo (intensidad de la corriente), de los aparatos eléctricos que el sistema deberá alimentar. Estos valores se obtienen a través de los datos facilitados por el fabricante.

Tensión. Durante todo el tiempo que se mantengan en funcionamiento, el nivel de tensión deberá ser una constante. Cada ejemplo se alimenta a una tensión distinta. El el motor es de 1,5 V, mientras que el cargador es de 4,5 V.

Cuando la tensión requerida por los diferentes equipos eléctricos sea distinta, se establecerá una “línea” de alimentación solar independiente para cada uno de los equipos de la misma tensión de alimentación.

Consumo. Indica la corriente que “gasta” el aparato eléctrico. El motor del ejemplo 1 consumirá 200 mA. Por el contrario, la corriente del cargador del ejemplo 2 será solamente de 100 mA. **Por cada equipo conectado a la misma línea, (misma tensión), deberá sumarse el consumo de cada uno de ellos.** Si en el ejemplo 1, en lugar de uno, se utilizasen dos motores, el resultado sería 1,5 V / 400 mA (tensión igual, suma de consumos).

Potencia. Como describe “Mi Cuaderno Solar”, es el producto de la tensión por la corriente ($P = V \cdot I$). En ocasiones el fabricante en lugar del consumo, proporciona el valor global de la potencia, siendo necesario despejar la fórmula para obtener el valor de la corriente ($I = P/V$).

Por tanto, la energía necesaria para el motor del ejemplo 1 se correspondería a una tensión de 1,5 V y una potencia de 300 mW ($1,5V \cdot 200mA = 300mA$).

Mientras que la energía necesaria en el cargador del ejemplo 2 será de 4,5 V y 450 mW ($4,5V \cdot 100mA = 450mW$).

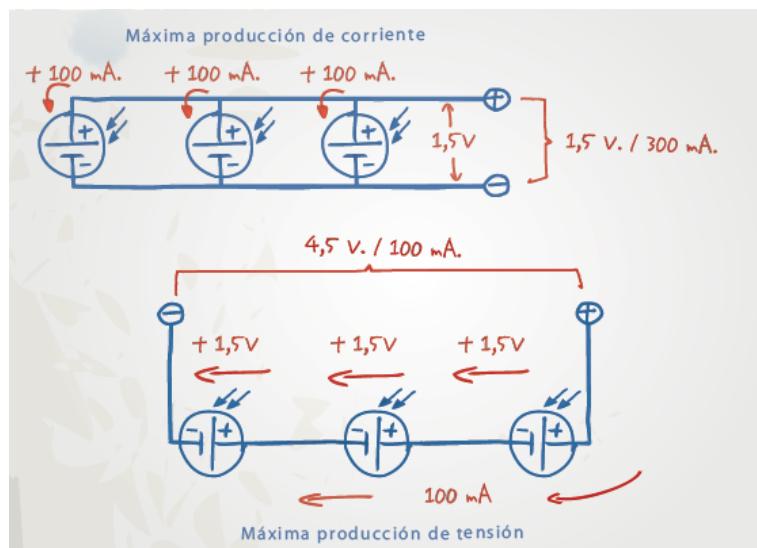
La energía necesaria también puede calcularse en base al consumo, como queda reflejada en los valores del enunciado de cada ejemplo (1,5 V / 200 mA y 4,5 V / 100 mA).



Factor de pérdida. Aunque en la práctica de éste kit es despreciable, en instalaciones solares donde se contempla el consumo diario es importante (más adelante se explica con mayor detenimiento, al hablar del tiempo de funcionamiento).

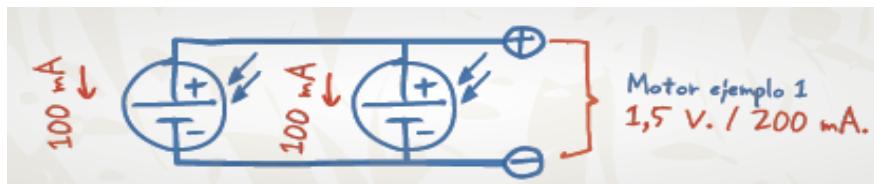
Paso 2. ¿Cuanta energía produciremos?

Supongamos un panel formado por tres células de 1,5 V / 100 mA cada una. La potencia máxima que puede suministrar todo el panel será igual a la suma de las potencias de cada una ($150mW + 150mW + 150mW = 450mW$). Ahora bien, como se describe en “Mi Cuaderno Solar”, configurando las células en serie o paralelo, la potencia se podrá distribuir en función de un valor de tensión o un valor de corriente mayor.



Paso 3. ¿Cuántos módulos F.V. son necesarios?

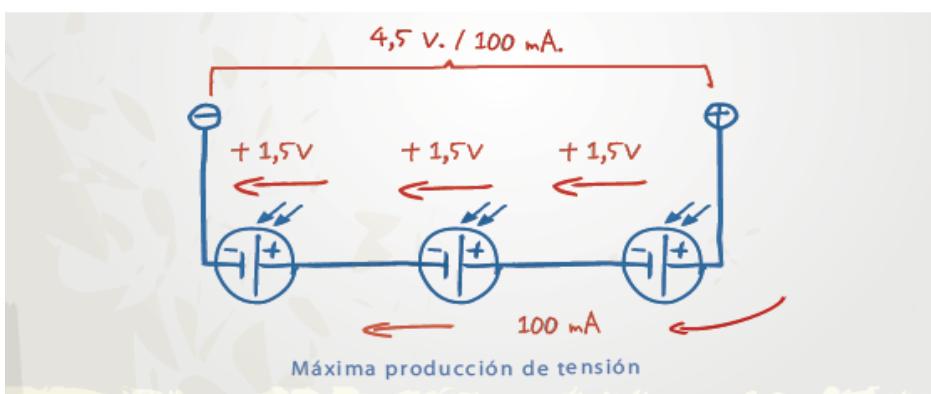
En el ejemplo 1 el motor necesita 1,5 V / 200 mA. Primero se calcula la tensión. Como cada célula ya proporciona 1,5V no es necesario realizar ninguna asociación en serie entre células. A continuación se calcula el consumo. Una sola célula produce la tensión necesaria, pero únicamente puede suministrar 100 mA. Como el motor requiere justamente el doble, deberá realizarse una asociación (conexión) en paralelo de dos células. El resultado es 1,5 V y 200 mA.



En el ejemplo 2, el cargador se alimenta a 4,5 V / 100 mA. Siempre resolveremos primero el valor de la tensión. Dividimos 4,5 V entre 1,5 V que entrega cada célula, el resultado nos dice que serán necesarias 3 células conectadas en serie para conseguir los 4,5 V en el cargador.

La corriente de cada célula es de 100 mA. Como ésta no varía con las tres células en serie, se obtendrá exactamente el valor de consumo requerido por el cargador, es decir 4,5 V / 100 mA.

El esquema se correspondería exactamente con el de máxima producción de tensión del panel.



Paso 4. ¿Sistema autónomo?

Un sistema autónomo es aquel que prescindiendo de la red eléctrica puede alimentar por si mismo toda una instalación. En contraposición con un sistema de apoyo, el autónomo suministra energía indefinidamente.

Un sistema solar autónomo debe contemplar la pérdida de rendimiento cuando las condiciones meteorológicas no son óptimas. Por ejemplo, cuando está nublado o llueve. También hay que tener presente si es necesario que produzca electricidad cuando el sol ya no brilla en horario nocturno.

Este Kit educacional no está dimensionado para funcionar como sistema autónomo, por lo que el organigrama de diseño de un sistema solar acabaría aquí y saltaríamos al próximo apartado, no obstante, para los interesados en conocer un sistema autónomo, a continuación se completa el organigrama.

En un sistema autónomo, existen dos conceptos nuevos además de los anteriores, el tiempo de funcionamiento o consumo diario y el factor de pérdidas.

Consumo diario. Se calcula sumando los consumos de cada uno de los receptores o aparatos que se conectarán al sistema fotovoltaico. Téngase en cuenta que un panel o una célula solar solamente funcionan mientras existe un nivel de luz suficiente. Obviamente, si los equipos alimentados deben funcionar también de noche y/o en condiciones de inclemencias meteorológicas, el tiempo de funcionamiento será distinto. Esto afectará a la cantidad y/o potencia de los paneles y será necesario emplear baterías acumuladoras.

Factor de pérdidas. En compensación por las posibles pérdidas de la instalación y conversión de la corriente, etc. existe un factor de corrección que debe aplicarse al consumo diario.

En aplicaciones a 230 VAC puede establecerse en un **40% de pérdidas**. En aplicaciones a 12 VDC en torno al **30%**. Cabe destacar que los paneles destinados a aplicaciones mayores proporcionan 12 o 24 VDC. Siempre que sea posible, todos los dispositivos o aparatos conectados a un sistema fotovoltaico, deberán adquirirse a esta tensión. En la actualidad, además de todo tipo de iluminación y motores, cada vez existen más electrodomésticos que funcionan a 12 o 24 VDC, repercutiendo en una pérdida de energía menor al no requerir convertidores de corriente continua a corriente alterna.

Veamos como se aplica sencillamente todo esto en un ejemplo.

Supongamos una bomba de agua, donde no existe línea eléctrica. Cada día debe achicar agua entre las 10 y las 12 de la mañana y entre las 10 y las 12 de la noche. ¿Qué equipo fotovoltaico necesitaremos?

1) Primero se calcula la demanda de consumo diario de la bomba.

Para ello hay que multiplicar la potencia por el tiempo que estará funcionando diariamente. Deben consultarse dos datos de consumo que proporciona el fabricante. Seleccionando una bomba real, por ejemplo la C-6001 de 0,6 bar, de Fadisel, se indica una alimentación de 12 V y un consumo máximo de 20 W.

Al consumo diario debe añadirse el factor de pérdidas. Como en éste caso no existe conversión a 230 VAC, puede determinarse un factor de pérdidas del 30%.

$$\begin{aligned} \text{Demanda diaria} &\longrightarrow 20 \text{ W} \times 4 \text{ h} = 80 \text{ W} \\ \text{Factor de pérdidas} &\longrightarrow 80 \text{ W} \times 30\% = 24 \text{ W/día} \\ \text{Consumo real diario} &\longrightarrow 80 \text{ W} + 24 \text{ W} = \underline{104 \text{ W}} \end{aligned}$$

2) La segunda acción es seleccionar y calcular el panel fotovoltaico de la instalación.

La potencia que genera diariamente un panel solar es muy distinta dependiendo de su situación geográfica y la estación del año. Además, no produce igual en un día nublado, que en uno soleado.

El factor regional representa la radiación solar media diaria, o sea el número medio de horas para todo el año durante las cuales el panel produce la máxima energía. Este valor puede obtenerse consultando las web indicadas en "Mi Cuaderno Solar". En la península ibérica es aproximadamente 4.

El resultado de dividir el consumo diario entre el factor regional nos indicará la potencia mínima que deberá tener el panel.

$$\text{Panel F.V.} \longrightarrow \frac{104 \text{ W}}{4} = \underline{26 \text{ W}}$$

3) El tercer y último paso es calcular la/s batería/s solares que son necesarias para suministrar la electricidad durante la horas de funcionamiento nocturno.

Dividiendo el consumo diario entre la tensión de la batería (12 V), se obtendrá la capacidad de almacenamiento de la batería.

Además del consumo nocturno, el sistema debe afrontar periodos de escasa producción, como días nublados, lluviosos, nieblas persistentes, etc. Así, debe multiplicarse el resultado anterior por el número de días que el sistema deba funcionar sin producción. En aplicaciones simples se calcula una autonomía entre 2 y 3 días, pero en aplicaciones críticas de seguridad, puede llegar hasta 10. Para el ejemplo de la bomba, lo establecemos en 3 días.

Por último hay que tener en cuenta el nivel de descarga que aceptamos como tolerable (habitualmente entre 50% y 80%), en nuestro ejemplo tomaremos 70% (o sea multiplicaremos por 0,7).

$$\text{Batería (capacidad para autonomía de 3 días)} \longrightarrow \frac{104 \text{ W} \times 3 \text{ días}}{12 \text{ V} \times 0,7} = \underline{37,14 \text{ Ah}}$$

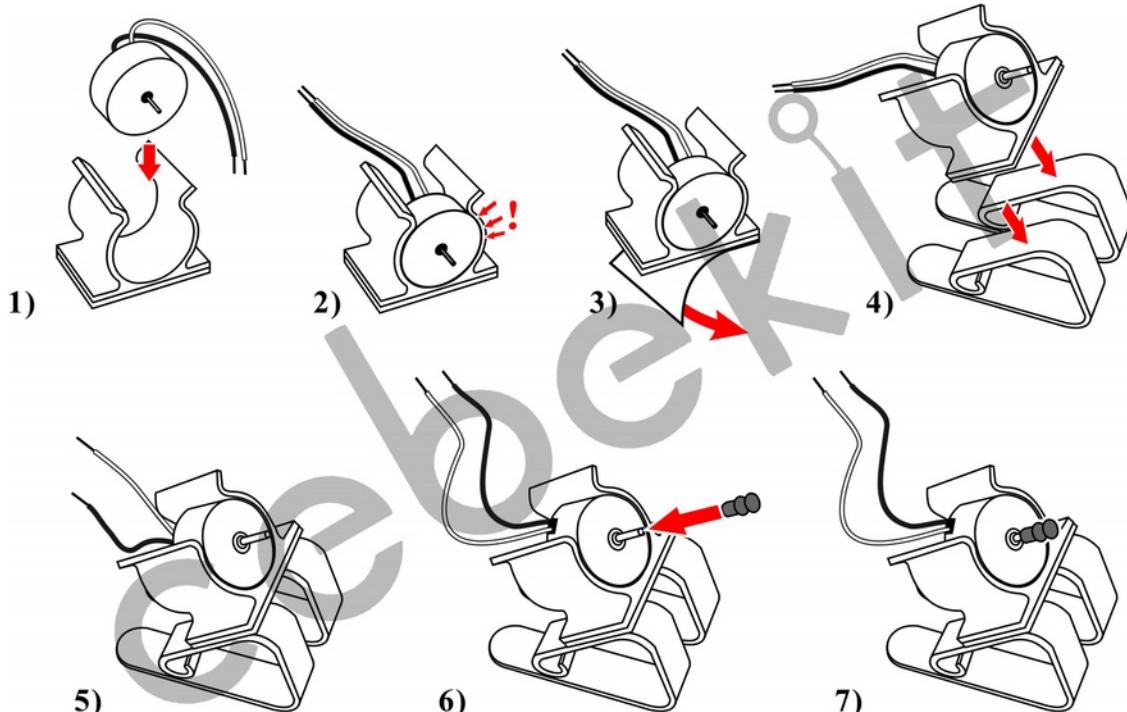
Cuando únicamente se disponga de baterías de una capacidad inferior a la requerida, deberán instalarse en paralelo el número necesario que asegure la capacidad completa.

· Instrucciones de montaje del kit

Para recortar las 3 hélices de cartón, se recomienda usar tijeras para uso escolar y bajo vigilancia de una persona adulta.

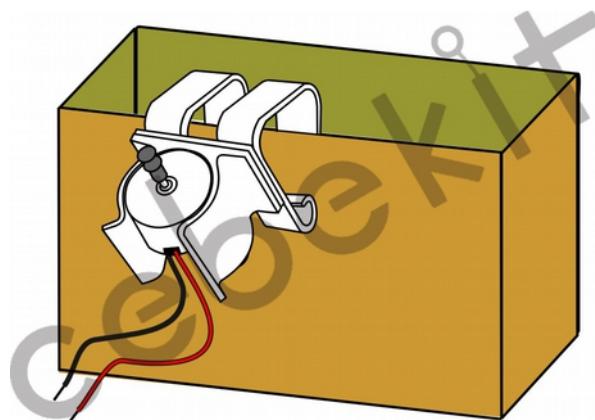
Para montar las hélices de plástico de 2 y 3 palas es necesario un destornillador pequeño de punta plana. No es necesaria ninguna herramienta para realizar las conexiones del kit.

Preparación del motor



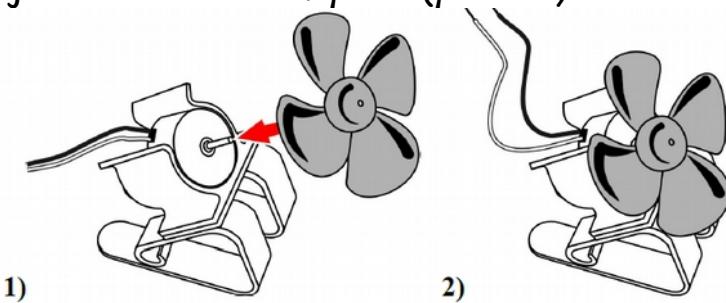
Con el soporte especial se puede colocar el motor sobre la mesa, según muestra la figura 7, el motor girará perfectamente con cualquiera de las hélices sin tocar el suelo.

También es posible sujetar el motor verticalmente en una cajita de cartón, tal, como indica la siguiente figura.

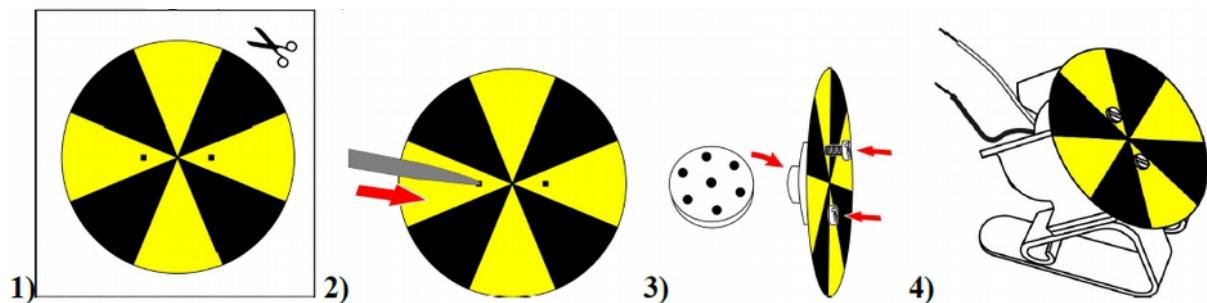


La polea de este motor puede utilizarse para arrastrar cualquier tipo de mecanismo. Disponemos de un extenso surtido de poleas CEBEKIT (ref. C-6087 y C-6088) que se pueden acoplar a la del motor con una simple polea de goma, tanto para realizar una máquina, como un vehículo autopropulsado con energía solar usando las ruedas del set CEBEKIT ref. C-6082.

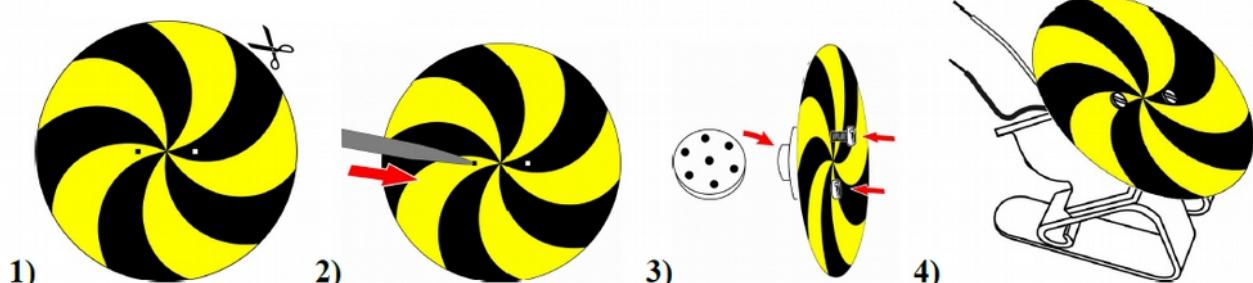
Montaje de la hélice de 4 palas (plástico)



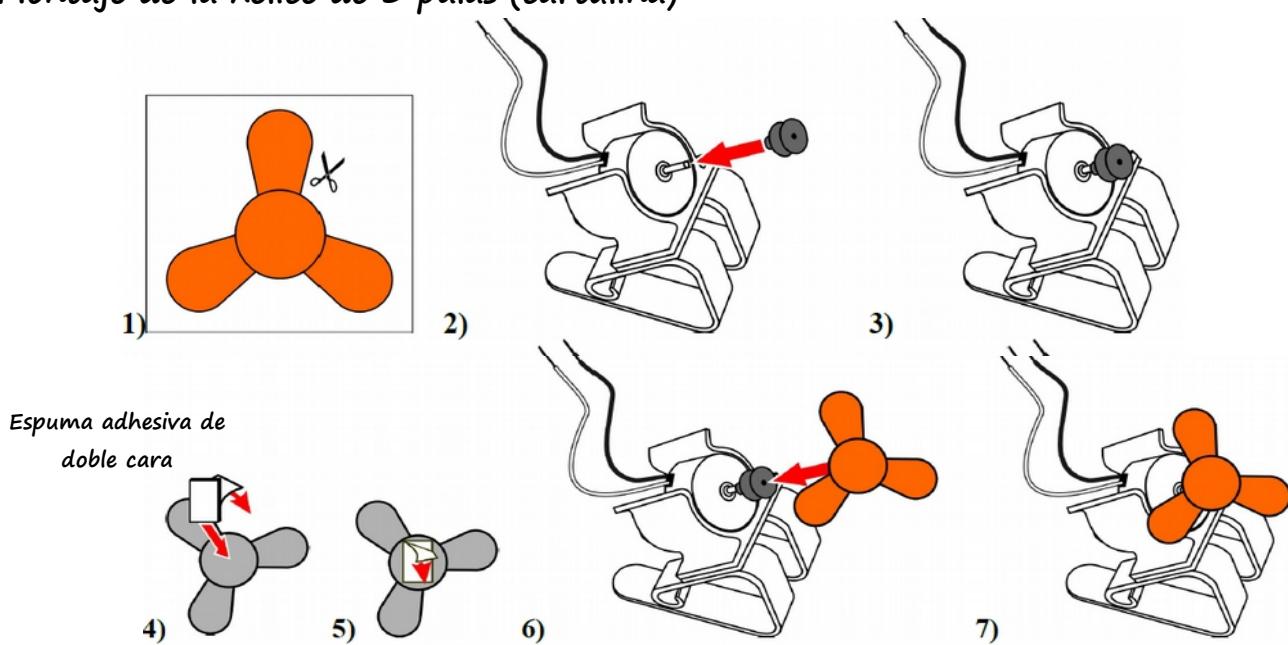
Montaje de la hélice tipo aspa (cartulina)

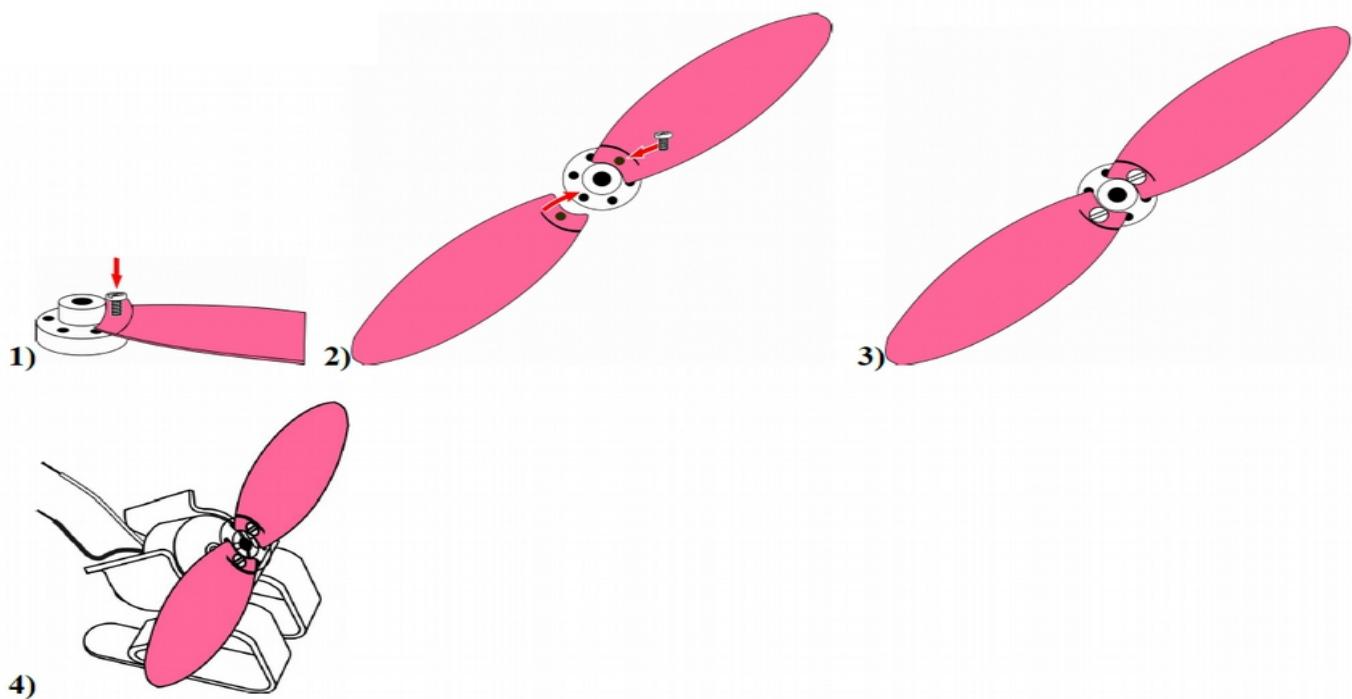
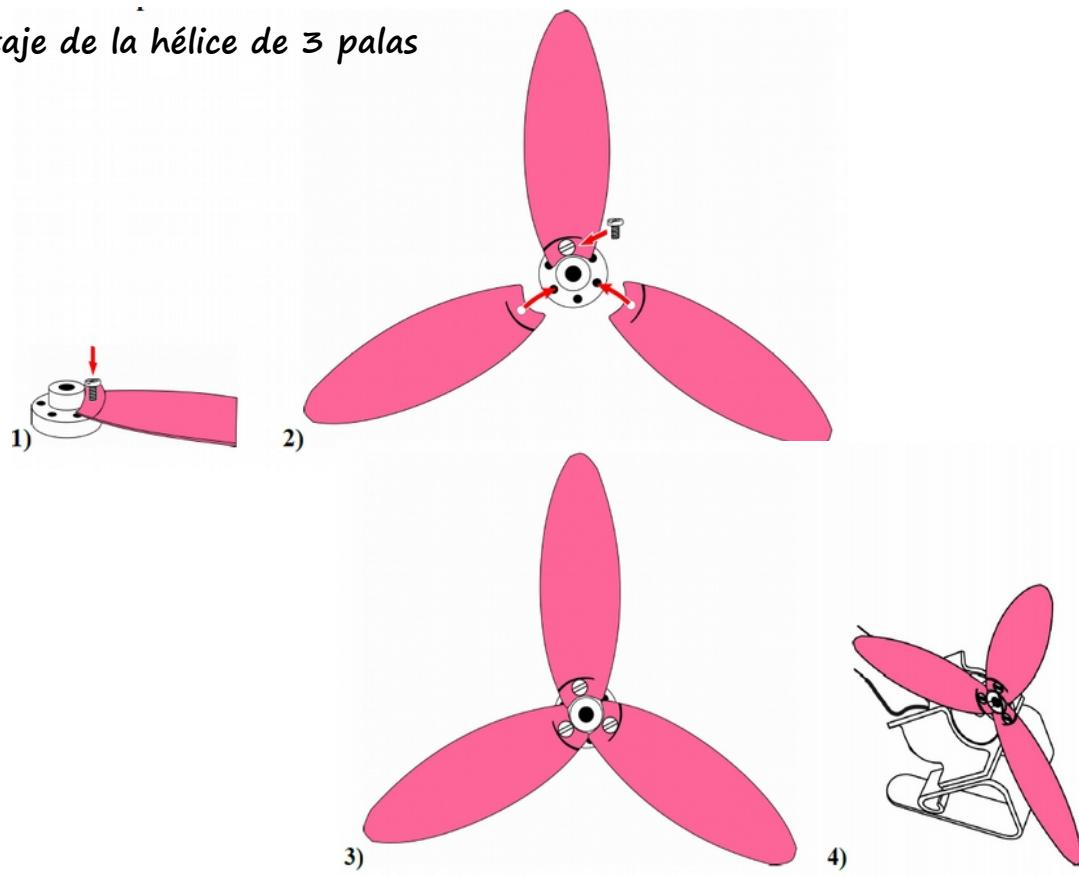


Montaje de la hélice tipo espiral (cartulina)

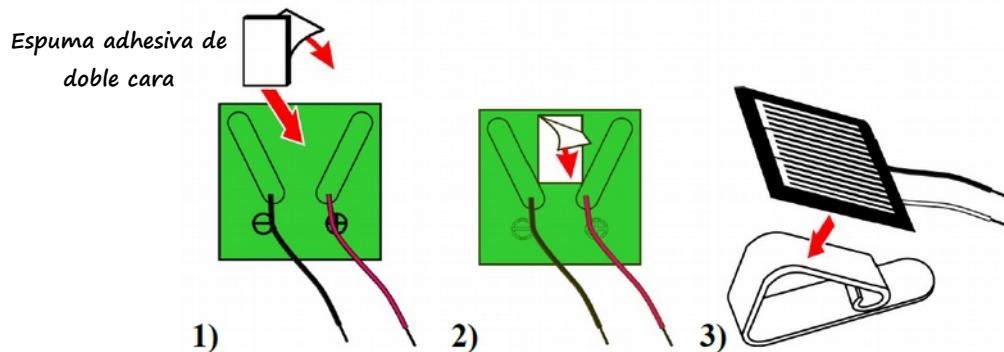


Montaje de la hélice de 3 palas (cartulina)

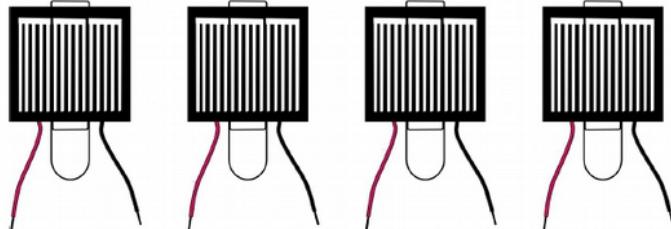
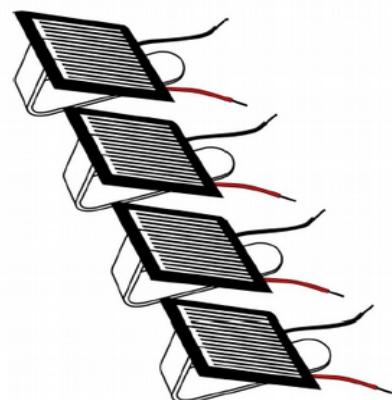


Montaje de la hélice de 2 palas*Montaje de la hélice de 3 palas*

Preparación de las células fotovoltaicas

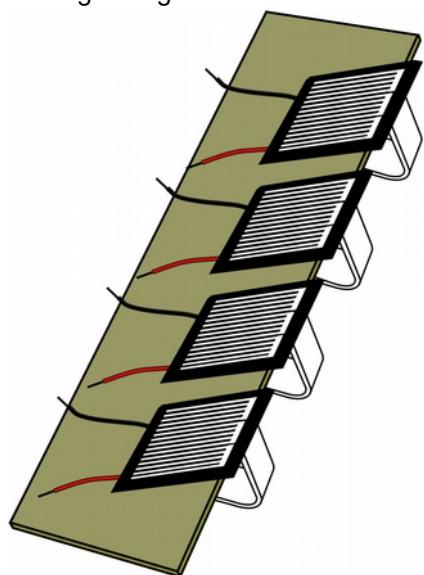


Vista en perspectiva de las células fotovoltaicas



Vista frontal de las células fotovoltaicas

Si se desea tener las células fotovoltaicas juntas y bien alineadas con la luz del sol, recomendamos utilizar una madera o una cartulina, según muestra la figura siguiente:

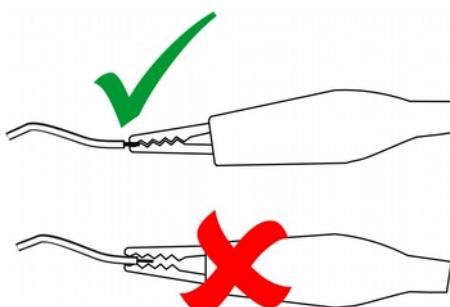


Conexión eléctrica

La conexión eléctrica entre los paneles fotovoltaicos y el resto de dispositivos eléctricos: motor, LEDs y portalámparas, se realiza mediante los cables que incluye el kit con conexión mediante pinzas cocodrilo.

No es necesaria ninguna herramienta para conectar el kit.

Prestar atención al realizar las conexiones. La pinza debe tocar directamente a la parte metálica del cable.



ATENCIÓN :

Las células solares fotovoltaicas tienen polaridad (cables positivo y negativo). Al conectar los esquemas debe respetarse las polaridades indicadas en los dibujos.

La bombilla no tiene polaridad.

El motor sí tiene polaridad que afecta al sentido de giro

Los LED sí tienen polaridad y al sobrepasar un cierto nivel pueden destruirse. No confundirse.

Recomendaciones para realizar las prácticas



La/s célula/s solares han de estar bien encaradas a la luz directa del sol. Evitar que las sombras de árboles, edificios, etc, afecten a las células.

En el caso de emplear luz artificial sobre los paneles solares, ha de ser una bombilla halógena. Evítese una exposición prolongada. El exceso de calor de la lámpara puede averiar los paneles.

Si se expone la célula directamente al sol, no hay límite de tiempo.

Deben retirarse hojas, suciedad y otros elementos que puedan reducir la superficie de captación solar.

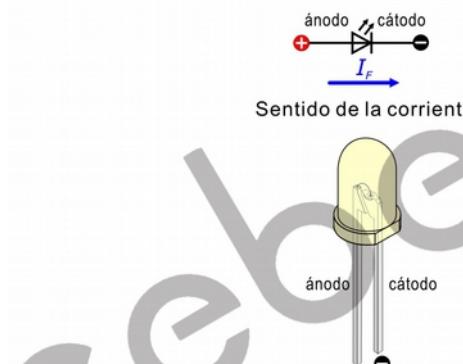
Para retirar la acumulación excesiva del polvo, polen, tierra o cualquier otro cuerpo extraño depositados en la cubierta, únicamente se empleará un paño suave humedecido con agua.

Prácticas

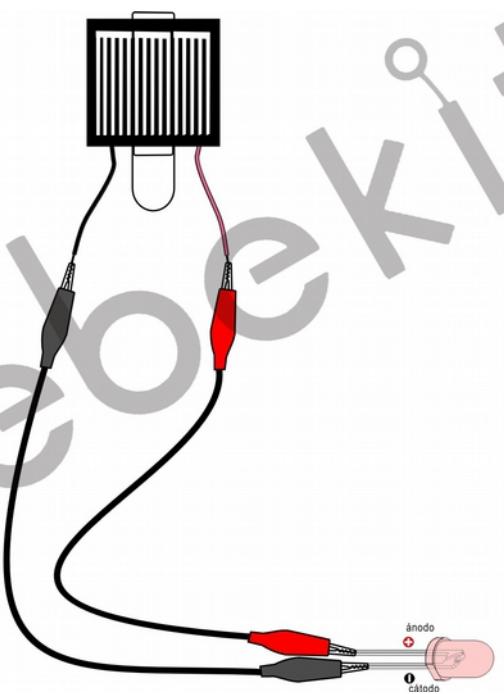
Práctica 1

Diodo LED alimentado por una célula

Téngase en cuenta que un LED es un diodo y por lo tanto tiene polaridad. Cuando se conecta en el sentido de la corriente (positivo al ánodo y negativo al cátodo) es cuando circula la corriente y se ilumina. Los LED tienen un valor de tensión a partir del cual empiezan a iluminarse. Nunca debe conectarse con la polaridad invertida.



Conectar una célula al LED rojo, según indica el dibujo.



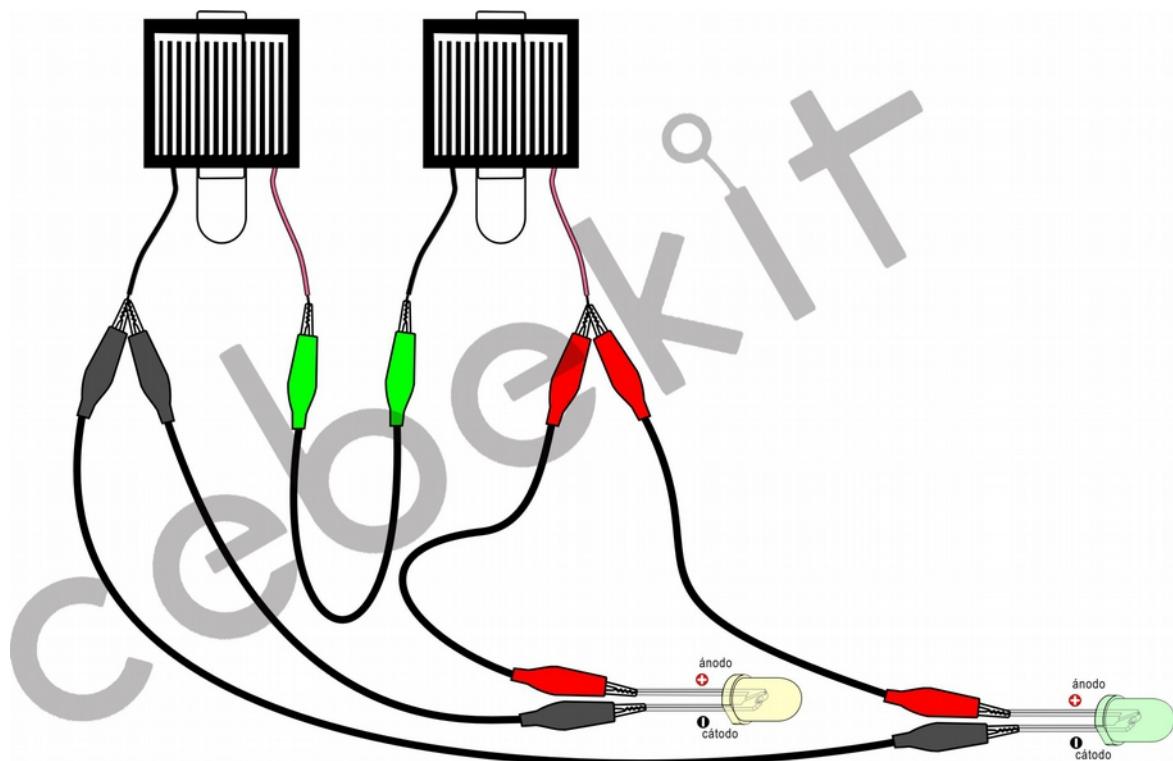
La tensión generada por una de las células fotovoltaicas del kit, es similar a la caída de tensión provocada por el LED rojo.

Si hacemos la misma prueba con el LED verde veremos que no se enciende, ya que la tensión de la célula es inferior a la del LED.

Práctica 2

Dos células en serie alimentan LEDs en paralelo

Conectar dos células en serie, con dos LEDs (amarillo y verde) conectados en paralelo, según indica el dibujo



Las caídas de tensión provocadas por el LED amarillo y el LED verde son prácticamente iguales, por este motivo podemos conectarlos en paralelo.

$$V_{\text{total}} = VL_1 = VL_2$$

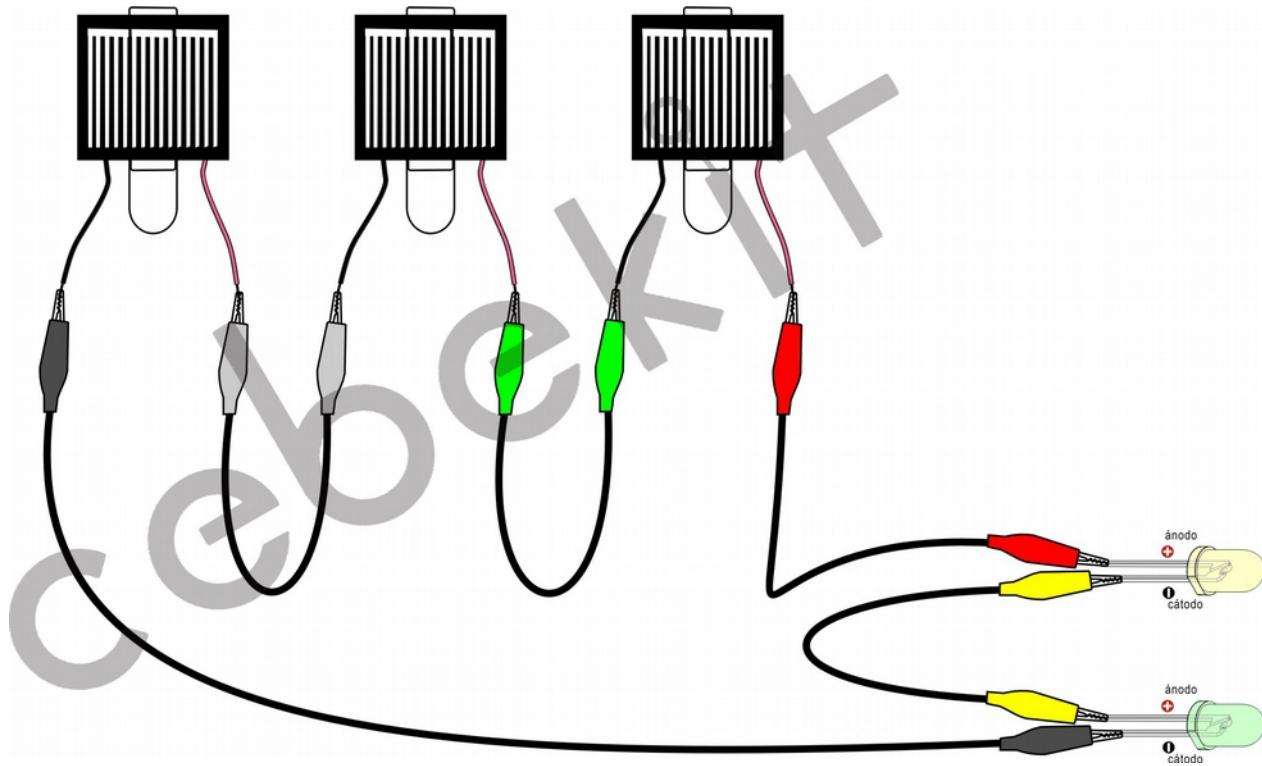
Al conectar las dos células en serie, sus tensiones se suman, y conseguiremos la tensión necesaria para el funcionamiento de los LEDs.

$$V_{\text{total}} = V_{C1} + V_{C2}$$

Práctica 3

Tres células en serie alimentan LEDs

Conectar tres células en serie, con el LED amarillo y el LED verde también en serie, según indica el dibujo.



La tensión necesaria para iluminar correctamente los LEDs amarillo y verde, será proporcionada por las tres células en serie cuyas tensiones se sumarán.

Si se trata de un día muy soleado no alargar la prueba durante mucho rato, debe evitar un sobrecalentamiento de los LEDs por una corriente excesiva.

$$V_{\text{total}} = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3}$$

$$V_{\text{total}} = V_{L1} + V_{L2}$$

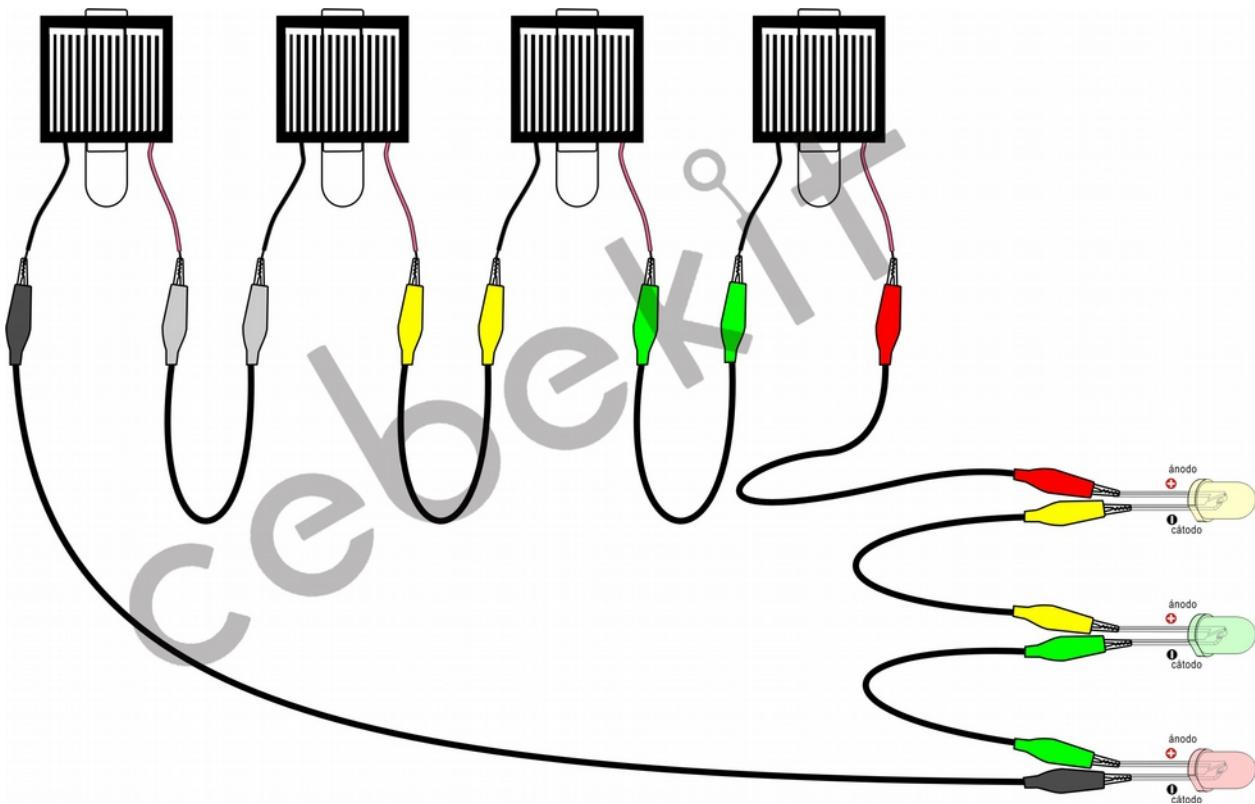
Por lo tanto:

$$V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} = V_{L1} + V_{L2}$$

Práctica 4

Cuatro células en serie alimentan LEDS

Conectar cuatro células en serie con los tres LEDs, también en serie, según indica el dibujo.



Las cuatro células en serie lograrán la tensión suficiente para alimentar los tres LEDs en serie.

La tensión total de los LEDs, ha de ser la suma de los tres:

$$V_{\text{total}} = V_{L1} + V_{L2} + V_{L3}$$

La de las células igualmente ha de ser la suma de las cuatro, porque también están conectadas en serie:

$$V_{\text{total}} = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} + V_{C4}$$

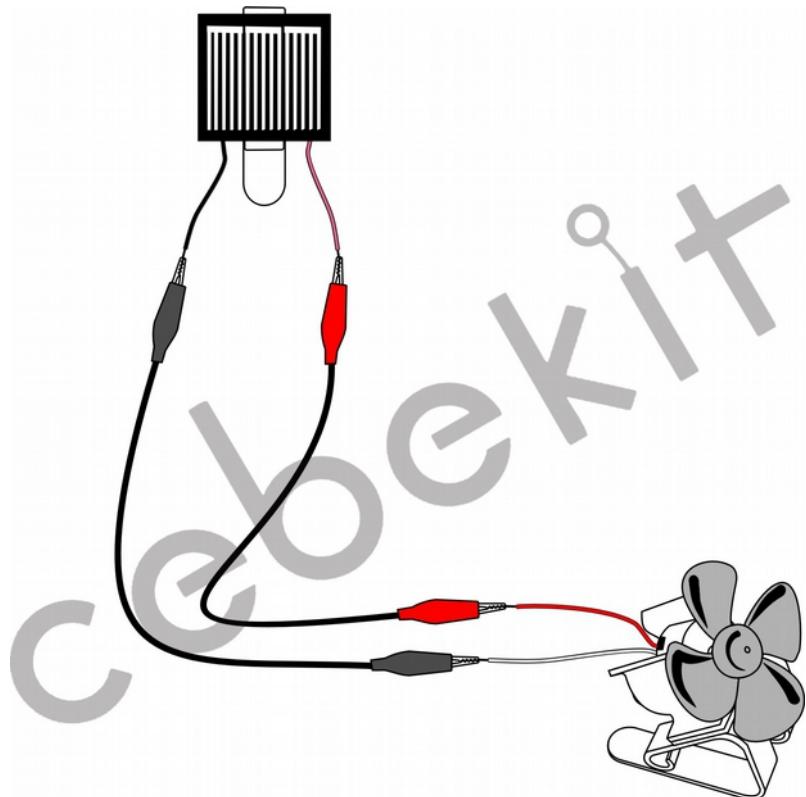
Por lo tanto:

$$V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} + V_{C4} = V_{L1} + V_{L2} + V_{L3}$$

Práctica 5

Motor alimentado por una célula

Conectar una célula con el motor que llevará insertada la hélice de 4 palas, según indica el dibujo.



Realizar la misma prueba con las siguientes hélices:



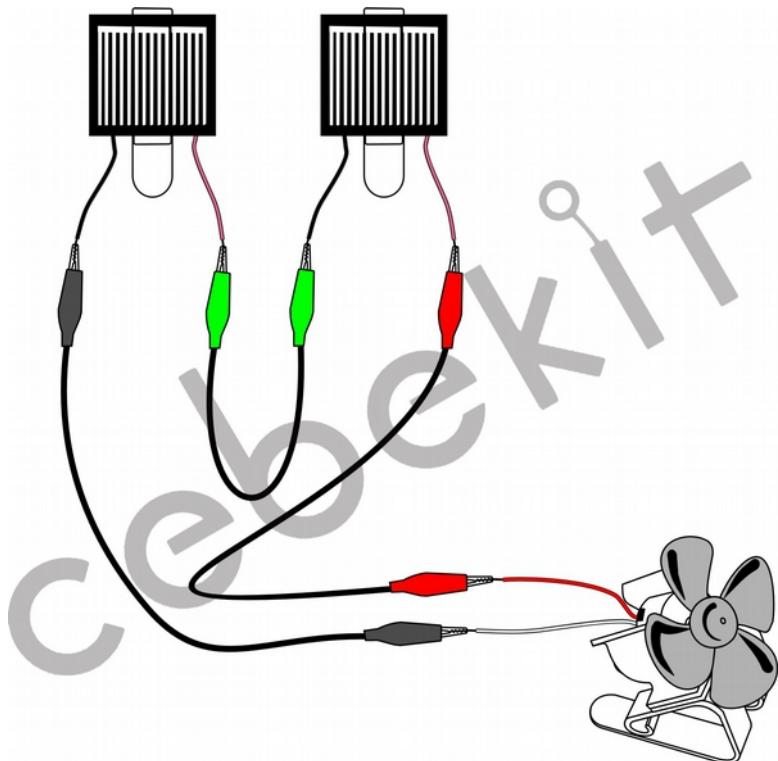
Ver las diferencias entre ellas y pensar la razón.

Las diferencias en la velocidades de cada uno de los montajes vienen determinadas por las condiciones meteorológicas, por dicho motivo hay que realizar las pruebas comparativas el mismo día con las mismas condiciones. No menos importantes son el peso de las palas y su diseño que provoca rozamiento con el aire. Cuando el motor no tiene ninguna carga (se dice que gira en vacío), como en el caso de llevar la polea pequeña, es cuando gira a mayor velocidad.

Práctica 6

Dos células en serie alimentan motor

Conectar dos células en serie con el motor que llevará insertada la hélice de 4 palas, según indica el dibujo.



En la conexión en serie tenemos:

$$V_{\text{total}} = V_{C1} + V_{C2}$$

$$I_{\text{total}} = I_{C1} = I_{C2}$$

La intensidad de la corriente será la misma para todo el circuito, mientras que la tensión será igual a la suma de las tensiones de cada célula.

Realizar la misma prueba con las siguientes hélices:



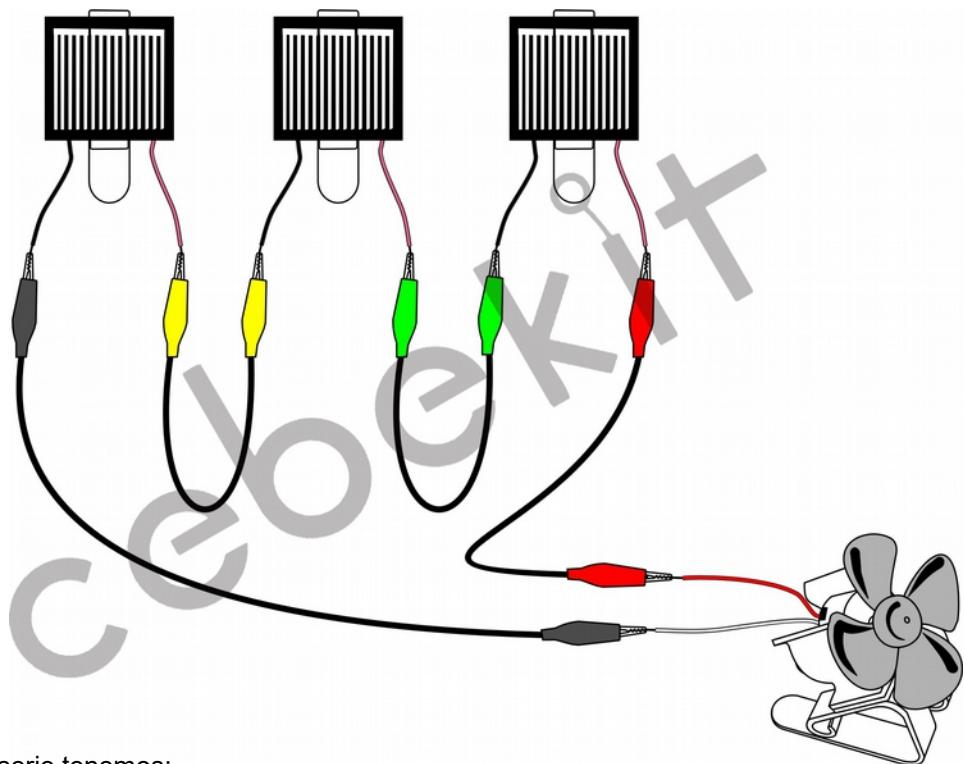
Ver las diferencias entre ellas y pensar la razón.

Las diferencias en la velocidades de cada uno de los montajes vienen determinadas por las condiciones meteorológicas, por dicho motivo hay que realizar las pruebas comparativas el mismo día con las mismas condiciones. No menos importantes son el peso de las palas y su diseño que provoca rozamiento con el aire. Cuando el motor no tiene ninguna carga (se dice que gira en vacío), como en el caso de llevar la polea pequeña, es cuando gira a mayor velocidad.

Práctica 7

Tres células en serie alimentan motor

Conectar tres células en serie con el motor que llevará insertada la hélice de 4 palas, según indica el dibujo.



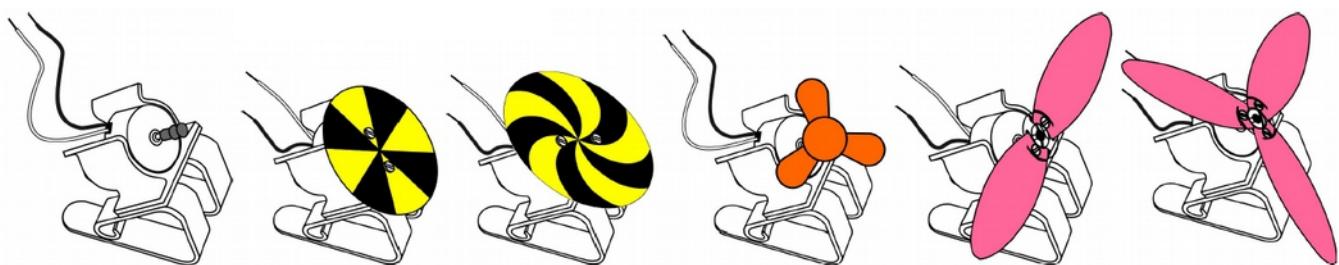
En la conexión en serie tenemos:

$$V_{\text{total}} = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3}$$

$$I_{\text{total}} = I_{C1} = I_{C2} = I_{C3}$$

La intensidad de la corriente será la misma para todo el circuito, mientras que la tensión será igual a la suma de las tensiones de cada célula.

Realizar la misma prueba con las siguientes hélices:



Ver las diferencias entre ellas y pensar la razón.

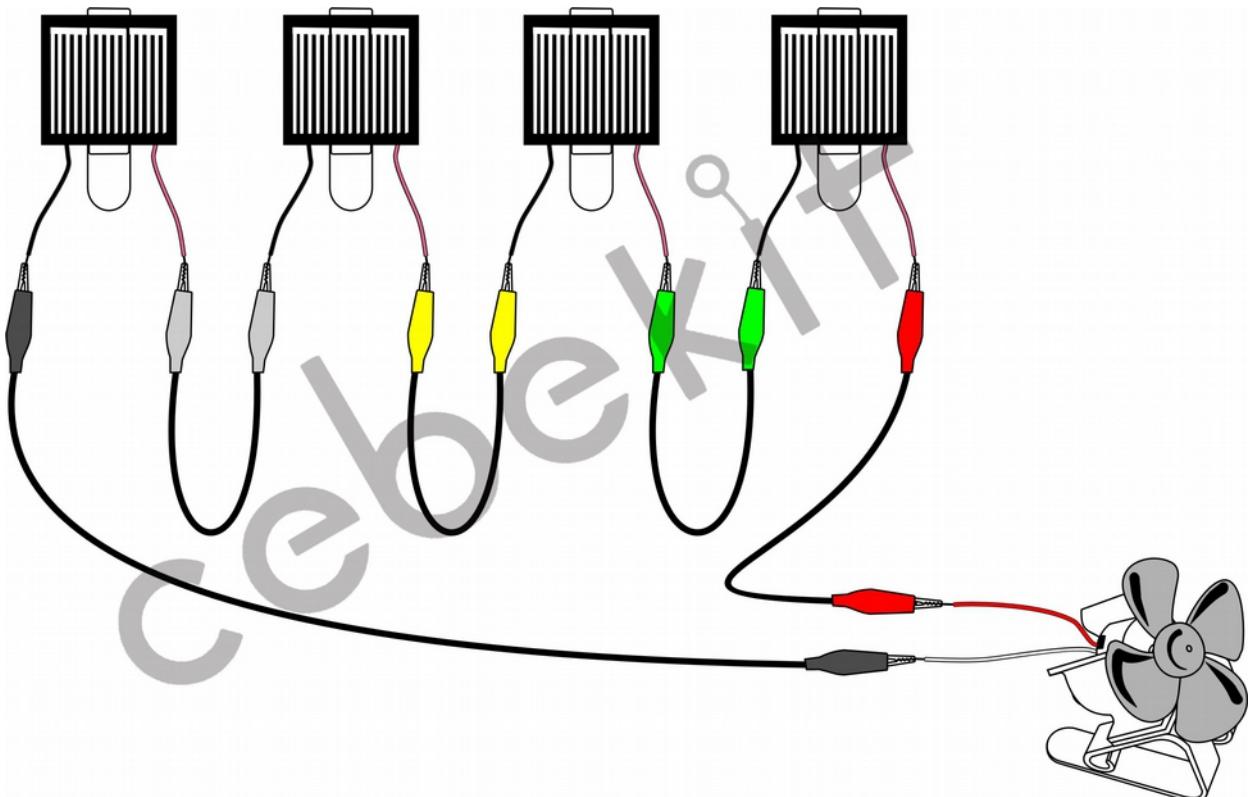
Las diferencias en la velocidades de cada uno de los montajes vienen determinadas por las condiciones meteorológicas, por dicho motivo hay que realizar las pruebas comparativas el mismo día con las mismas condiciones. No menos importantes son el peso de las palas y su diseño que provoca rozamiento con el aire.

Cuando el motor no tiene ninguna carga (se dice que gira en vacío), como en el caso de llevar la polea pequeña, es cuando gira a mayor velocidad.

Práctica 8

Cuatro células en serie alimentan motor

Conectar cuatro células en serie con el motor que llevará insertada la hélice de 4 palas, según indica el dibujo.



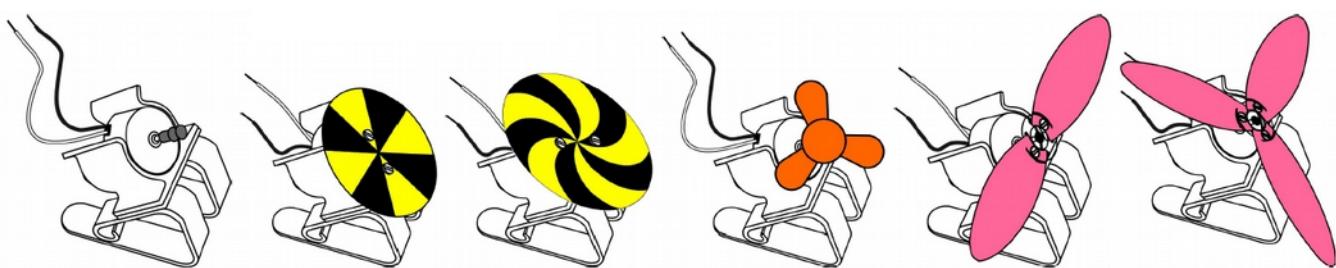
En la conexión en serie tenemos:

$$V_{\text{total}} = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} + V_{C4}$$

$$I_{\text{total}} = I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4}$$

La intensidad de la corriente será la misma para todo el circuito, mientras que la tensión será igual a la suma de las tensiones de cada célula.

Realizar la misma prueba con las siguientes hélices:



Ver las diferencias entre ellas y pensar la razón.

Las diferencias en la velocidades de cada uno de los montajes vienen determinadas por las condiciones meteorológicas, por dicho motivo hay que realizar las pruebas comparativas el mismo día con las mismas condiciones. No menos importantes son el peso de las palas y su diseño que provoca rozamiento con el aire.

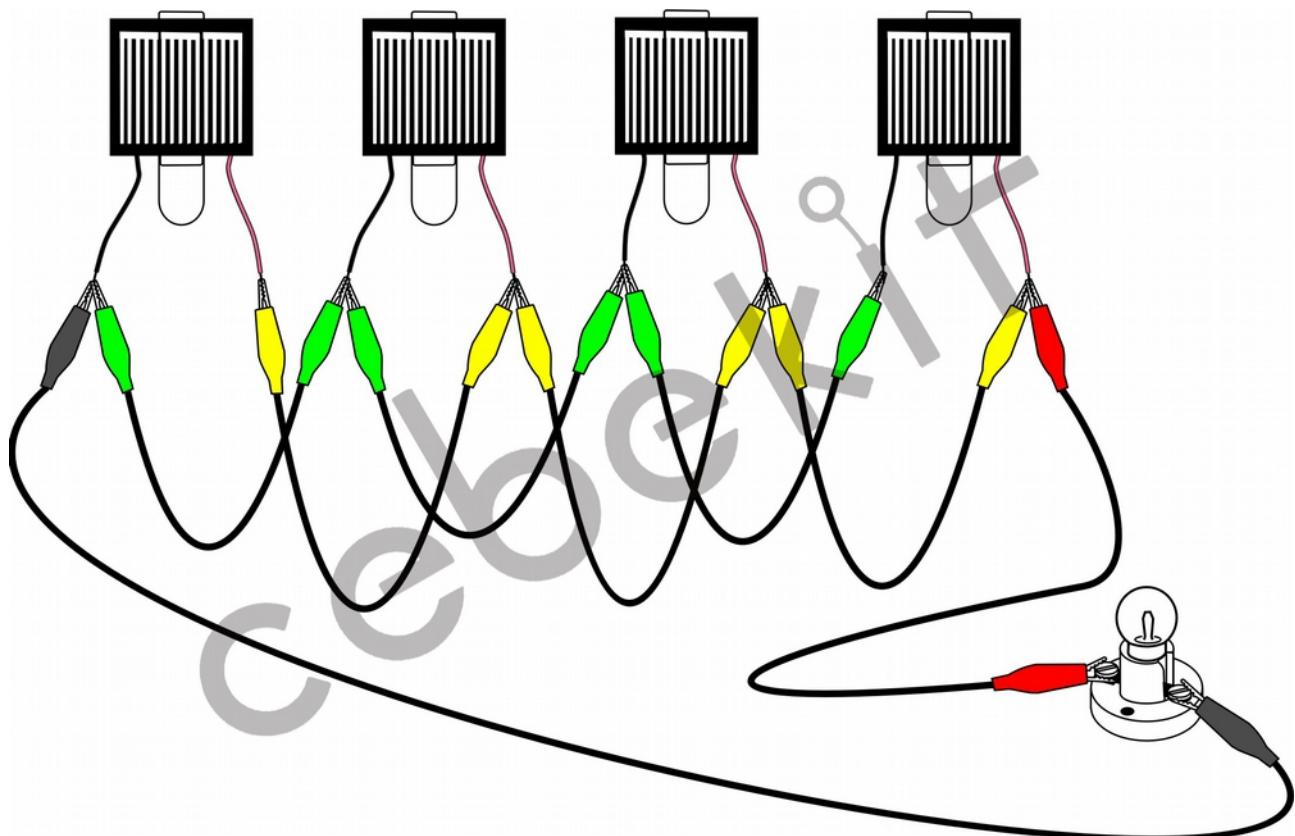
Cuando el motor no tiene ninguna carga (se dice que gira en vacío), como en el caso de llevar la polea pequeña, es cuando gira a mayor velocidad.

Práctica 10

Cuatro células en paralelo alimentan una bombilla intermitente

Conectar cuatro células en paralelo con el portalámparas, según indica el dibujo.

A continuación colocar la bombilla apretada en el portalámparas.



¿Qué ocurre?

La bombilla se encenderá proporcionalmente a la iluminación que reciba del sol.

A los pocos segundos que la corriente supere unos 120mA, la bombilla empezará a parpadear, gracias a un dispositivo bi-metálico que tiene en su interior junto al filamento.

En la conexión en paralelo tenemos:

$$V_{\text{total}} = V_{C1} = V_{C2} = V_{C3} = V_{C4}$$

$$I_{\text{total}} = I_{C1} + I_{C2} + I_{C3} + I_{C4}$$

La tensión resultante es la misma que en cualquiera de las células.

La intensidad de la corriente resultante es la suma de las intensidades de todas las células.

Más prácticas

A partir de ahora experimente, busque otros motores solares CEBEKIT, como C-6060, C-6059, C-6058, etc.

Pruebe también a cambiar la polaridad (intercambiar positivo con negativo) en la alimentación del motor y compruebe qué sucede. (Atención, nunca debe alimentar con la tensión invertida a los LEDs, puesto que puede destruirlos.)

Experimente alimentando a la mitad de la tensión un motor y busque otros dispositivos que pueda alimentar con algunas o todas las células.

Ahora es el momento de crear vehículos autopropulsados con energía solar. En nuestro catálogo www.cebekit.es encontrará toda clase de kits, así como recambios de células y todo tipo de accesorios.

Únicamente debe evitar alimentar un dispositivo con una tensión mayor que la marcada por el fabricante. Si la corriente que puede generar el panel solar es superior que la que necesita el equipo alimentado, éste no consumirá más que la requerida para su funcionamiento, sin sufrir ninguna avería ni afectar al panel.

*Todo conocimiento se contrasta con la experimentación
Y el entendimiento siempre se enriquece con la diversión*

Más información

El presente manual junto a su kit de experimentación y "Mi Cuaderno Solar" representan uno de los propósitos didácticos que CEBEKIT pone a su disposición de la enseñanza en relación a las energías renovables.

La energía eólica, la célula o pila de combustible, de hidrógeno, la energía termodinámica, la tecnología fotovoltaica, los colectores solares térmicos, junto a otras como la electrónica, electricidad o mecánica son algunas de las líneas con diversidad de kits y productos que comprenden desde la iniciación y el aprendizaje escolar, ESO, bachillerato, módulos profesionales, hasta el uso y la instalación profesional.

Mi Cuaderno Solar

*Entender y aprender
la tecnología fotovoltaica*

¿Por qué se extiende el uso de la tecnología fotovoltaica?

Cada vez más población y países acceden al progreso, más y más demanda energética y consecuentemente mayor impacto derivado de su fabricación. La situación se acerca al colapso, tanto de las fuentes de energías fósiles, como en la sobrecarga medioambiental de los residuos.

El efecto invernadero y el cambio climático son unas de estas consecuencias. Sin tener que renunciar al progreso, la energía no puede continuar trastornando el ecosistema del planeta. El concepto de *energía limpia* debe afrontar la coexistencia entre el medio ambiente y la demanda energética.



Energía limpia

Las tres condiciones para que una energía se considere limpia son:

La materia prima (o recurso) debe ser inagotable e inocuo para la Tierra. El proceso, los materiales y residuos para obtenerla no pueden ser contaminantes. El coste energético no puede ser mayor que la producción obtenida.

Estas condiciones se encuentran en un panel fotovoltaico.

En la actualidad ya es posible y amortizable la vivienda autosuficiente. Zonas rurales aisladas, viviendas y hasta empresas en parajes remotos no requieren un tendido eléctrico establecido con anterioridad.

Al ser el espacio de las ciudades limitado su aprovechamiento se observa con el mayor esmero. Las azoteas, tejados y cubiertas de las ciudades, únicamente ocupadas por antenas, podrían aprovecharse para colocar *paneles solares*. Numerosas ciudades ya han anticipado normativas para hacerlo realidad.

La dependencia energética de otros países provoca situaciones complicadas cuando hay conflictos en las zonas de producción. El empleo de la electricidad "*limpia*" como energía principal y las plantas de producción locales supondrían la independencia energética.

Las energías limpias, además de conservar la naturaleza, aseguran una fuente de energía renovable, inagotable, sin que el progreso quede sometido a los problemas que ahora provocan las energías fósiles.

La radiación proveniente del sol no se agotará en millones de años. El principal componente del panel fotovoltaico es el *silicio* y es tan abundante que ocupa una cuarta parte de la superficie de la Tierra.

Gracias a un aumento de la producción y una mejora constante de su rendimiento, el precio de los paneles solares FV, en lugar de aumentar disminuye año tras año.



Origen, la necesidad.



Desde que apareció la industrialización y la necesidad de producir energía, se han empleado las materias primas de la Tierra para conseguirla.

A partir de la materia ha sido posible producir electricidad, crear combustible, etc. Obtenerla de este modo y en cantidad, así como almacenar y repostar combustible se hizo tan fácil y habitual que arraigó en nuestra visión del mundo y en el modo de avanzar hacia el futuro.

El siguiente paso de la humanidad fue el espacio, pero allí no era posible seguir el método empleado en la Tierra para conseguir energía. Fue necesario buscar un método que solucionase la ausencia de materia prima en el espacio, un recurso alternativo, inagotable, que permitiese desarrollar un dispositivo de captación y un generador de energía autónomo y ligero.

Así, tras un intenso programa de investigación y desarrollo finalmente se encontró una nueva tecnología, el *panel fotovoltaico*.

Aplicando resultados

La radiación solar es una fuente constante, al menos en nuestro sistema solar es una fuente de energía inagotable que puede captarse en el espacio y también en la Tierra.

El nombre de *tecnología fotovoltaica* deriva del griego “φῶς”, (phos), que significa luz, y de Volta, en homenaje al físico italiano Alejandro Volta.

La definición expone claramente su función, convertir la luz en electricidad.

Los paneles fotovoltaicos se emplearon inicialmente en la recarga de las baterías en los primeros satélites. Con el tiempo, los paneles se perfeccionaron y su rendimiento permitió prescindir de las baterías, con la consecuente disminución de peso y tamaño.

En la actualidad, además de vehículos espaciales y satélites, la tecnología fotovoltaica ha extendido su uso a todo tipo de aplicaciones industriales y domésticas. Desde centrales completas de producción eléctrica, que en 2013 la más potente superaban los 320 millones de vatios, hasta innumerables aplicaciones como calculadoras, juguetes, reproductores de audio, relojes, señales de tráfico, soportes vitales en lugares remotos, iluminación autónoma y su progresiva implantación en viviendas, cada vez más autosuficientes energéticamente.



¿Cómo es la luz?

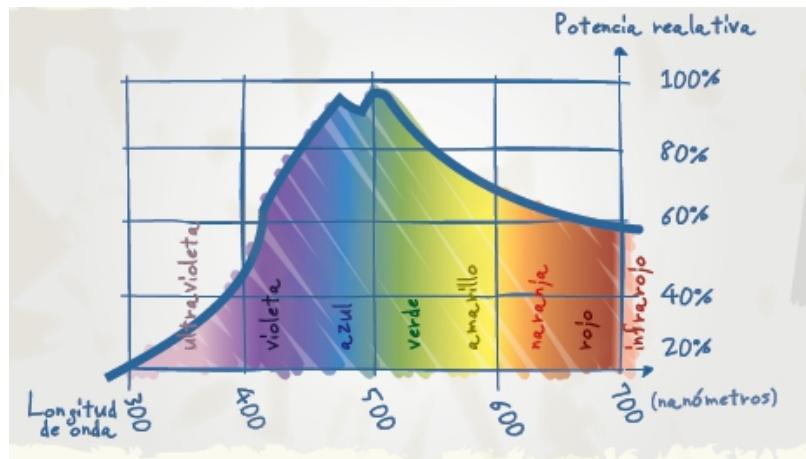
La radiación solar que llega a la tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce (*solar-térmica*), o mediante el aprovechamiento de la radiación de la luz (*solar-fotovoltaica*).

La luz es una parte de las *radiaciones electromagnéticas* que emite el Sol, denominada *Radiación Solar*.



¿Qué es y qué energía transporta?

La luz no es un elemento indivisible, sino que está compuesta por distintas partículas llamadas *fotones*, que se clasifican por su “color”, es decir, su *longitud de onda*. En realidad, la luz blanca pura es la suma de todos los colores y la luz solar los contiene todos, incluso los que no podemos ver, como los infrarrojos y los ultravioletas.



¿Cómo aprovecharla?

No todos los **fotones** tienen la misma potencia energética. Por ejemplo, un fotón violeta transporta prácticamente el doble de potencia que uno rojo. Este dato es absolutamente determinante cuando queramos emplear la luz como fuente de energía.

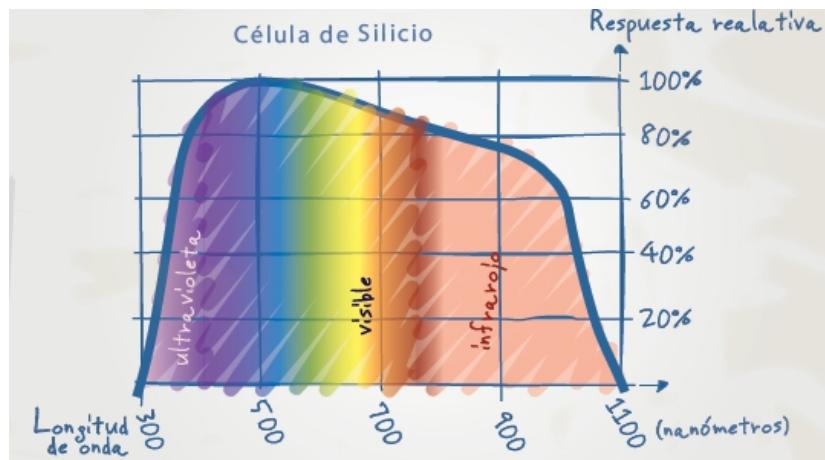
Luz y electricidad

El principio para convertir la luz en electricidad es empleando la luz como fuerza motora. Esta fuerza debería provocar una reacción que genere energía eléctrica, del mismo modo que el viento o el agua empujan turbinas. El campo magnético de su interior provoca el flujo magnético que produce electricidad.

Pero cuando se trata de la luz el proceso es ligeramente distinto y para comprenderlo debe estudiarse como actúa a nivel atómico.

Silicio

Anteriormente destacábamos que no todos los **fotones** de la luz eran igual de potentes. Así, para aprovechar la fuerza de los distintos tipos, será necesario un material que responda del mismo modo a cuantos más tipos de **fotones** mejor. La célula fotovoltaica de silicio posee esta cualidad.



El silicio es el principal componente de la arena ordinaria. Es un recurso natural tan abundante que ocupa una cuarta parte de la corteza terrestre. El principal inconveniente y del cual deriva la mayor parte del coste de producción, es el proceso de purificación (eliminación de impurezas) hasta obtener el cristal de silicio prácticamente puro.

El cristal de silicio es una estructura atómica muy ordenada. Si se ampliase exageradamente, sería como ver una tupida red de celdas o un montón de granos ordenados, que de lejos parece un bloque único.



Al combinarse los átomos de Silicio para formar un sólido, lo hacen formando una estructura ordenada llamada cristal. Los *"enlaces covalentes"* son las uniones entre estos átomos de manera que comparten los electrones adyacentes, de esta forma se crea un equilibrio de fuerzas que mantiene unidos los átomos.

Cada átomo comparte sus 4 *electrones de valencia* (los de la capa exterior) con los átomos vecinos, de manera que tiene 8 electrones en la órbita de *valencia*, como se ve en la figura de abajo a la derecha..



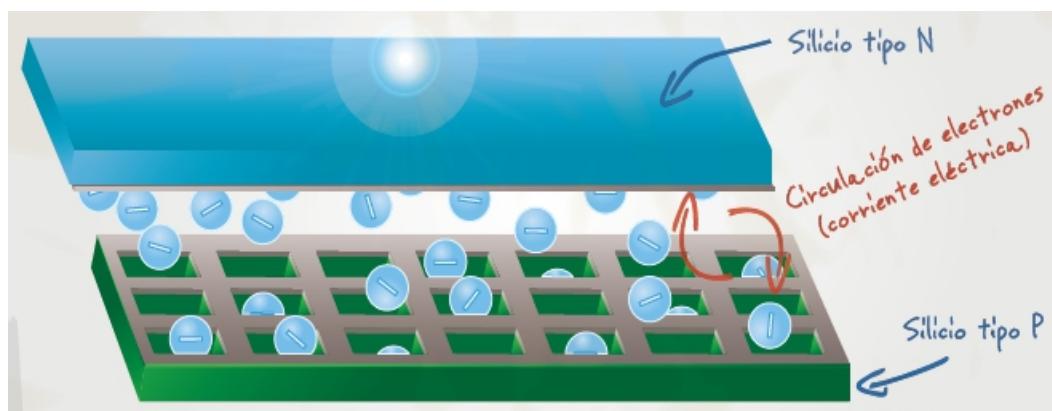
La fuerza del *enlace covalente* es muy grande porque son 8 los electrones que quedan en cada átomo, aunque sean compartidos. Esta característica hace que los *enlaces covalentes* sean de una gran solidez.

Silicio N y P

Para conseguir un flujo eléctrico, se crean dos tipos de silicio para favorecer la circulación de electrones.

En uno se añaden algunos átomos de *fósforo*, que tiene cinco electrones en su última capa. Al enlazarse con los átomos de silicio, la unión predominante es de cuatro electrones, quedando un electrón libre “sin asociación”. Esta estructura facilita la conductividad inicial del silicio y se define como *silicio de tipo N*.

El otro tipo de *silicio* es el de tipo *P*. Esta vez se añaden átomos de *boro* que tienen una última capa de solo tres electrones, lo que provoca la escasez de un electrón, o dicho de otro modo, la oportunidad para que el electrón “no asociado” sea aprovechado.



En principio juntando una capa de *silicio N* con otra de *silicio P*, los electrones libres de una pasarían a ser empleados por la otra. Pero no ocurre así.

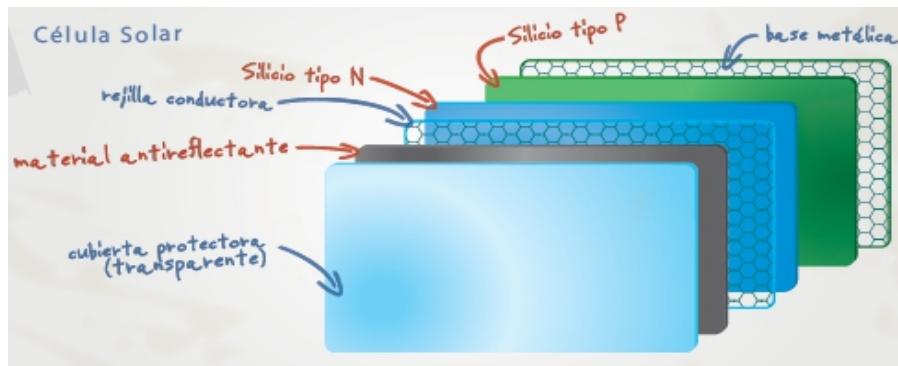
¿Qué estímulo necesitan los electrones en ambas capas de silicio?

¿Qué puede provocar el flujo de electrones de una capa a otra y de este movimiento atómico obtener una corriente eléctrica?

La respuesta está en la energía que transportan los *fotones*.

La célula solar fotovoltaica.

Para poder canalizar y extraer la corriente eléctrica entre las capas de silicio N y silicio P, es necesario colocar una superficie metálica encima y otra debajo de la unión. Al menos una de ellas, la expuesta al sol, debe ser una rejilla que permita el paso de la luz hasta el cristal. Éste inconveniente provoca una caída del rendimiento, ya que obstaculiza el paso de la luz y el de los electrones hasta la superficie metálica, puesto debe superar la resistencia del silicio, que es un *semiconductor*.



Además, la superficie tan brillante de un cristal de silicio no favorece la penetración de los *fotones* hacia el interior, sino que la mayoría son reflejados al exterior. Para evitarlo se emplea un material *anti-reflectante*.

Finalmente la célula se completa con una cubierta protectora como el *vidrio solar*, que sin impedir el paso de la luz, permite la exposición a la lluvia, granizo, nieve e impacto de objetos trasportados por el viento y también es *anti-reflectante*.

Por regla general el rendimiento final aproximado de una célula solar de silicio es del 15% de producción eléctrica respecto a la luz recibida. Aunque no lo parezca por su ligereza y tamaño, una célula solar no sufre apenas desgaste, ni requiere más mantenimiento que la limpieza del polvo o suciedad que se pueda depositar en su superficie.

El panel solar fotovoltaico.

Una sola célula suministra un valor de tensión y corrientes relativamente bajos, habitualmente en torno a los **0,5 V** de **CORRIENTE CONTINUA**, que no se aproximan a los valores estándar de alimentación de los aparatos. Para obtener tensiones mayores se conectan varias células entre sí formando un panel. El panel solar está constituido por diversos grupos de células conectadas en *serie* y *paralelo* para conseguir la tensión y corriente necesarias. Habitualmente son corrientes las tensiones comerciales de 6, 9, 12 y 24 V. Las corrientes de salida dependen normalmente del tamaño de las células empleadas en su construcción.

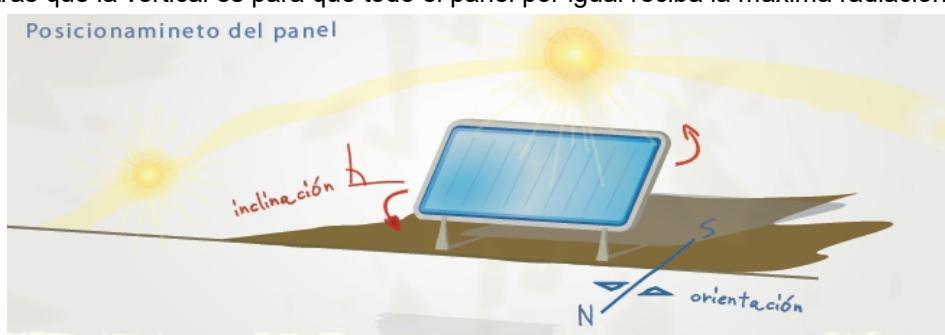
Para muchas instalaciones un solo panel puede no resultar suficiente para alimentar una instalación completa y se hace habitual la conexión entre distintos paneles para obtener un determinado valor final.

Posicionamiento del panel y aprovechamiento del Sol

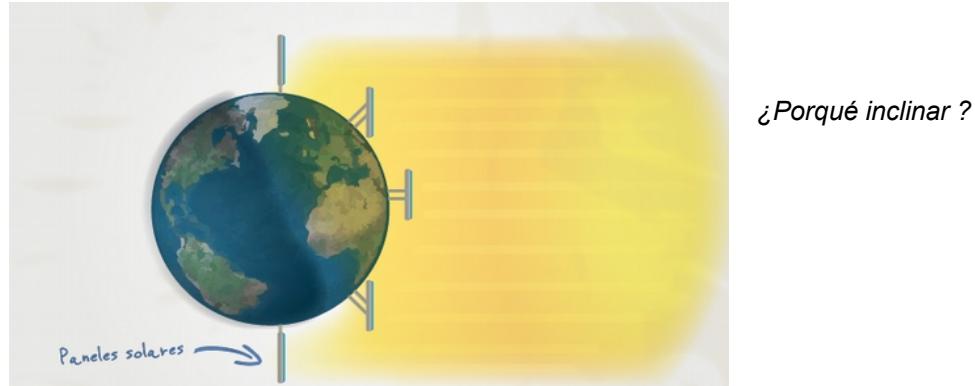
Aunque el Sol siempre aparece por el este y se pone por el oeste, según la época del año su recorrido se produce a mayor o menor altura del horizonte. Por el mismo motivo, las horas de luz durante el día varían según la estación.

El panel solar debe situarse de manera que recoja la máxima cantidad de luz solar. Para conseguirlo, hay que buscar la mejor situación horizontal y vertical, en función de la zona del globo donde se instale. La horizontal es para aprovechar el recorrido del sol, mientras que la vertical es para que todo el panel por igual reciba la máxima radiación respecto a la inclinación del sol.

Para conseguir la mejor situación, dependerá en el hemisferio donde vamos a montar el panel, Si lo instalamos en el *hemisferio norte*, los paneles deben estar *encarados al sur*. Mientras que si se instala en el *hemisferio sur*, los paneles deben encararse al *norte*. De esta manera, durante el recorrido diario del sol podremos aprovechar al máximo su radiación.



Idealmente, debería corregirse la inclinación vertical del panel al menos en cada estación. Existen dispositivos llamados seguidores solares, que siempre colocan al panel en la posición más provechosa, pero en la práctica lo más común son los soportes fijos, o colocarlos directamente sobre el tejado de una vivienda, siempre que esté bien orientada.



En cuanto a la inclinación vertical, en Gibraltar por ejemplo, la inclinación fija óptima se sitúa en 30º, mientras que en Barcelona es de 35º, en Oslo es de 39º y en Murmansk es de 46º.

Para obtener los valores de inclinación vertical personalizados para cada zona, en Europa puede consultarse la web de la Unión Europea. En esta web se ofrecen además otros datos específicos para aplicaciones solares avanzadas.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe>

Si se desea obtener datos a nivel internacional o para los EEUU, existe otra web de consulta.

<http://rredc.nrel.gov/solar/calculators/PVWATTS/version1/>

Además de la posición adecuada, el lugar escogido para el panel no debe quedar nunca en la sombra. El panel ha de ser fijado sólidamente, es imprescindible que el viento u otro contratiempo no varíe su posición. También deberá evitarse que hojas o otros elementos queden situados en su superficie, su sombra ocultaría una parte del panel.

¿Cuanta energía produce una instalación fotovoltaica?

La potencia máxima que puede generar un panel fotovoltaico en un lugar determinado depende de los valores de radiación solar durante el año. Como estos valores cambian según la estación del año y en función de si es un día nublado, con lluvia o completamente soleado, para obtener una referencia útil de trabajo, se emplea un valor orientativo, el *factor regional* o *Radiación Solar Media Diaria*. Este factor es la media de radiación diaria y se establece por zonas.

En la península Ibérica es aproximadamente 4, aunque en la zona norte y oeste (zona I) es menor de 3,8 y en las zonas de mayor radiación (zona V) puede superar los 5,0.

El cálculo de la producción diaria de un panel es igual a su *potencia máxima* multiplicada por el *factor regional*.

Por ejemplo, un panel de 12 V y 36 W situado en la península Ibérica, la potencia media que generaría en un solo día serían $36W \cdot 4 = 144 W$.

Unidades de trabajo.

Tanto las células por separado como los paneles pueden agruparse del mismo modo, en *paralelo* para aumentar la corriente total que pueden suministrar, o en *serie* donde la corriente no varía y es la tensión final la que aumenta.

Antes de agrupar paneles, aunque sin profundizar demasiado, se hace necesario conocer las tres unidades básicas para trabajar con electricidad y paneles solares.

Tensión. Su unidad es el **volt**, y se representa con "V".

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$$

$$(1 \text{ kilo-volt} = 1000 \text{ volt})$$

$$1 \text{ V} = 1000 \text{ mV}$$

$$(1 \text{ volt} = 1000 \text{ mili-volt})$$

Corriente o intensidad. Su unidad es el **ampere** y se representa con una “**A**”.

$$1 \text{ kA} = 1000 \text{ A}$$

$$(1 \text{ kilo-ampere} = 1000 \text{ ampere})$$

$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$$

$$(1 \text{ ampere} = 1000 \text{ mili-ampere})$$

Potencia. Es el resultado de multiplicar la tensión por la corriente. Su unidad es el **watt** y se representa con una “**W**”.

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$(1 \text{ kilo-watt} = 1000 \text{ watt})$$

$$1 \text{ W} = 1000 \text{ mW}$$

$$(1 \text{ watt} = 1000 \text{ mili-watt})$$

La función de la potencia (producto de la tensión por la corriente) podrá ser despejada en función de cual sea la variable que busquemos.

$$W = V \cdot I$$

$$V = \frac{W}{I}$$

$$I = \frac{W}{V}$$

Ejemplo:

El fabricante indica que su panel solar de 12 V proporciona 36 W
¿Cuál será la corriente máxima que suministraría?

Despejamos la fórmula de cálculo de la potencia en función de la corriente $I = \frac{W}{V}$

$$\text{Trasladando los valores a la fórmula: } I = \frac{36}{12} = 3 \text{ A}$$

Se trata de un panel solar que puede generar 3 A a 12 V.

Agrupamiento en serie y paralelo.

Cualquier equipo o dispositivo eléctrico funciona a una tensión específica y requiere (consume) una corriente determinada. Según sean estos parámetros, será necesario agrupar varios paneles para conseguir la tensión y corriente que necesitamos.

Habitualmente las tensiones más familiares son 230 VAC (corriente alterna), no obstante en aplicaciones solares la tensión de trabajo común es 12 VDC (corriente continua).

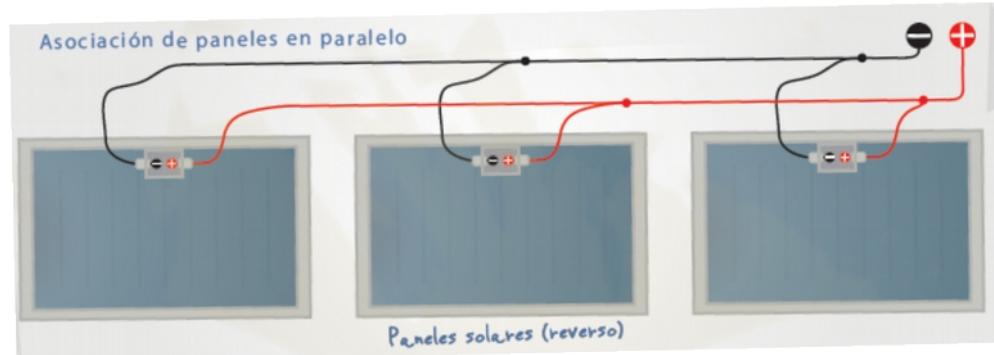
En la actualidad ya existen electrodomésticos y sobre todo lámparas que funcionan a 12 VDC, pero cuando no es posible se emplean equipos convertidores de 12 V corriente continua a 230 V corriente alterna.

Las pérdidas en la conversión están sobre el 40%, mientras que en los equipos reguladores son solo del 30%.

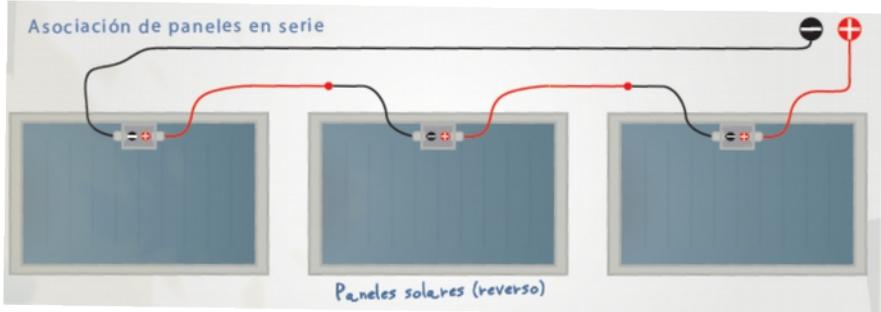
¿Cómo se realiza una agrupación serie o paralelo?

Un panel suministra una tensión continua polarizada (CC o DC). Dicho de otro modo, tiene un positivo y un negativo.

Una asociación en paralelo es aquella en la que se unen entre sí varios paneles, uniendo en un solo polo todos los positivos y en otro polo todos los negativos.



Una asociación en serie es aquella en la que el polo positivo se une al polo negativo del módulo siguiente. Como si de vagones de tren se tratase. Al final queda siempre un polo positivo libre y un polo negativo libre en cada extremo de la asociación.



¿Cuando se conectarán varios paneles en serie?

Cuando se desea elevar la tensión de trabajo.

La tensión resultante será igual a la suma de las tensiones de cada panel. La corriente en cambio no variará.

Ejemplo:

Calcular la salida al unir en serie tres paneles fotovoltaicos iguales, de 12 V y 3 A cada uno.

La tensión final es igual a la suma de las tres tensiones. $12 \text{ V} + 12 \text{ V} + 12 \text{ V} = 36 \text{ V}$

La corriente o intensidad resultante no variará, se mantendrá en 3 A

La potencia es el resultado de la tensión por la corriente, es decir $36 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 108 \text{ W}$

¿Cuando se conectarán paneles en paralelo?

Cuando se desea obtener una corriente mayor.

En este caso la tensión se mantiene y la corriente será la suma de todas.

Ejemplo:

Calcular la salida al unir en paralelo tres paneles fotovoltaicos iguales, de 12 V y 3 A cada uno.

La tensión final será 12 V

La corriente será igual a la suma de las tres. $3 \text{ A} + 3 \text{ A} + 3 \text{ A} = 9 \text{ A}$

La potencia también aquí cambia, aunque el valor final resulte el mismo, $12 \text{ V} \times 9 \text{ A} = 108 \text{ W}$

¿Un sistema mixto es posible?

Un grupo de paneles FV (fotovoltaicos) unidos entre sí en serie puede agruparse perfectamente con otro grupo de paneles FV unidos entre sí en paralelo, según nos convenga..

Ejemplo:

Imaginemos que es necesaria una tensión final de 24 V y una corriente de 21 A, pero únicamente se dispone de paneles de 12 V y 3 A para conseguirlo. ¿Podemos hacer el montaje con estos paneles?

La solución es sencilla. Primero se busca como obtener la tensión final. Haremos una primera agrupación de dos paneles en serie. El resultado será $12 \text{ V} + 12 \text{ V} = 24 \text{ V}$ y 3 A.

Para conseguir los 21 A, se divide este valor de corriente entre 3 A, que es la corriente de cada panel.

Por tanto, $\frac{21 \text{ A}}{3 \text{ A}} = 7$ grupos

Así deberán crearse 7 grupos en paralelo de 24 V y 3 A (cada grupo estará formado por dos paneles en serie). Resumiendo, necesitaremos 14 paneles de 12 V y 3 A y conseguiremos 24 V y 21 A, que nos darán una potencia de $24 \text{ V} \times 21 \text{ A} = 504 \text{ W}$

NOTA : Este kit es para niños a partir de 12 años, siempre acompañado por un adulto

Material pedagógico para prácticas de aprendizaje en contextos educativos bajo la vigilancia de instructores adultos. Este producto NO ES UN JUGUETE. No apto para menores de 3 años, por contener piezas pequeñas que pueden ser tragadas. Conserve este folleto y los datos de contacto.



Cebekit® es una marca
Registrada del Grupo Fadisel