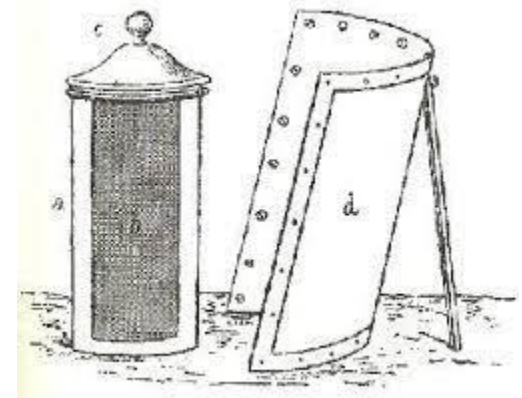


# HISTORIA DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Msc. Jesús David Quintero Polanco

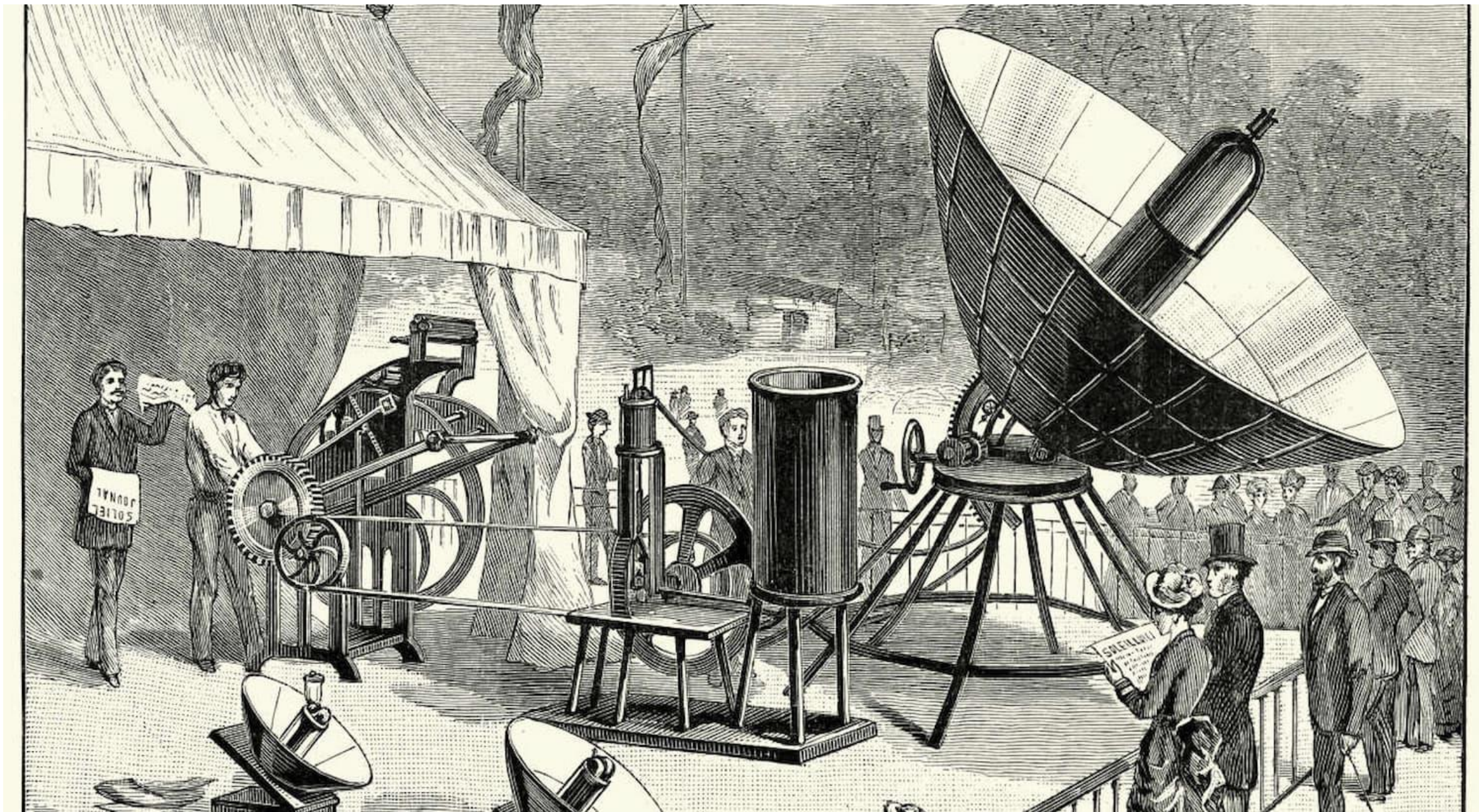
- El sol era utilizado por nuestros antepasados como fuente lumínica para observar durante el día lo que nos entrega la naturaleza.
- También para secar sus ropajes y calentar sus cuerpos.
- **Siglo III a.c:** Primeros usos de la luz solar con espejos: en la batalla de Siracusa, la cual enfrentó a griegos y romanos. El físico Arquímedes utilizó una serie de espejos hexagonales para concentrar los rayos del sol y dirigirlos a una flota romana con el objetivo de quemarla.
- **20 d.c:** Uso del cristal para mantener el calor del sol. Como consecuencia a una escasez de madera que vivió el Imperio romano durante sus inicios, los romanos utilizaron el vidrio en las ventanas de sus hogares para concentrar el calor proveniente de los rayos solares y así mantener una buena temperatura en los interiores de las casas.
- Otro ejemplo de los usos del Sol que hizo el Imperio de Roma se ve ejemplificado en la invención de los invernaderos.

- **1767: Primer horno solar.** Horace Bénédict de Saussure fabricó lo que se conoce como el primer horno solar de la historia. Se trataba de una caja aislada recubierta de capas de cristal que captaba la luz del sol y era capaz de superar los 110°C de temperatura. Solo podía funcionar durante los días soleados pero era completamente capaz de cocinar los alimentos de manera óptima.



- **1800** La historia de la humanidad cambia cuando Alessandro Volta, estudió la electricidad y descubrió **la pila eléctrica** el 20 de marzo de 1800.
- **1866: Primer colector solar parabólico** Augustin Mouchot, investigador francés, construyó una máquina capaz de extraer la energía solar de manera práctica. Su funcionamiento era muy simple: los rayos solares se concentraban mediante un conjunto de espejos en una caldera con agua. Cuando el agua hervía, el vapor que se producía accionaba un motor a vapor. En 1878, Augustin Mouchot creó el generador solar de vapor con la ayuda del ingeniero francés Abel Pifre.





Primer colector solar parabólico de Augustin Mouchot



- **1873: Se descubre la fotoconductividad del selenio.** El ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubrió que el selenio tiene potencial fotoconductor, lo que significa que se vuelve eléctricamente conductor cuando absorbe la luz.

El selenio se encuentra en la mayoría de las rocas y suelos.

En forma pura, existe como cristales hexagonales gris metálicos a negros, generalmente está combinado con sulfuro o con minerales de plata, cobre, plomo y níquel.

Raramente se encuentra en estado nativo  
obteniéndose principalmente como subproducto de  
la refinación del cobre.

La producción comercial se realiza por tostación con  
cenizas de sosa o ácido sulfúrico de los lodos.





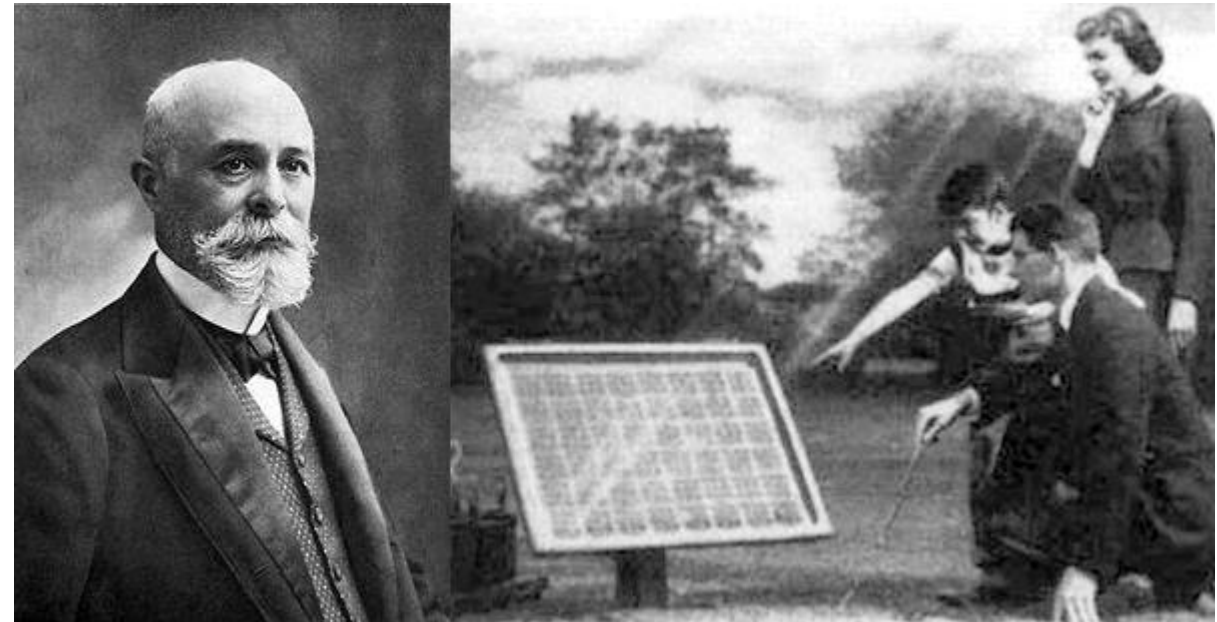
**Selenio**



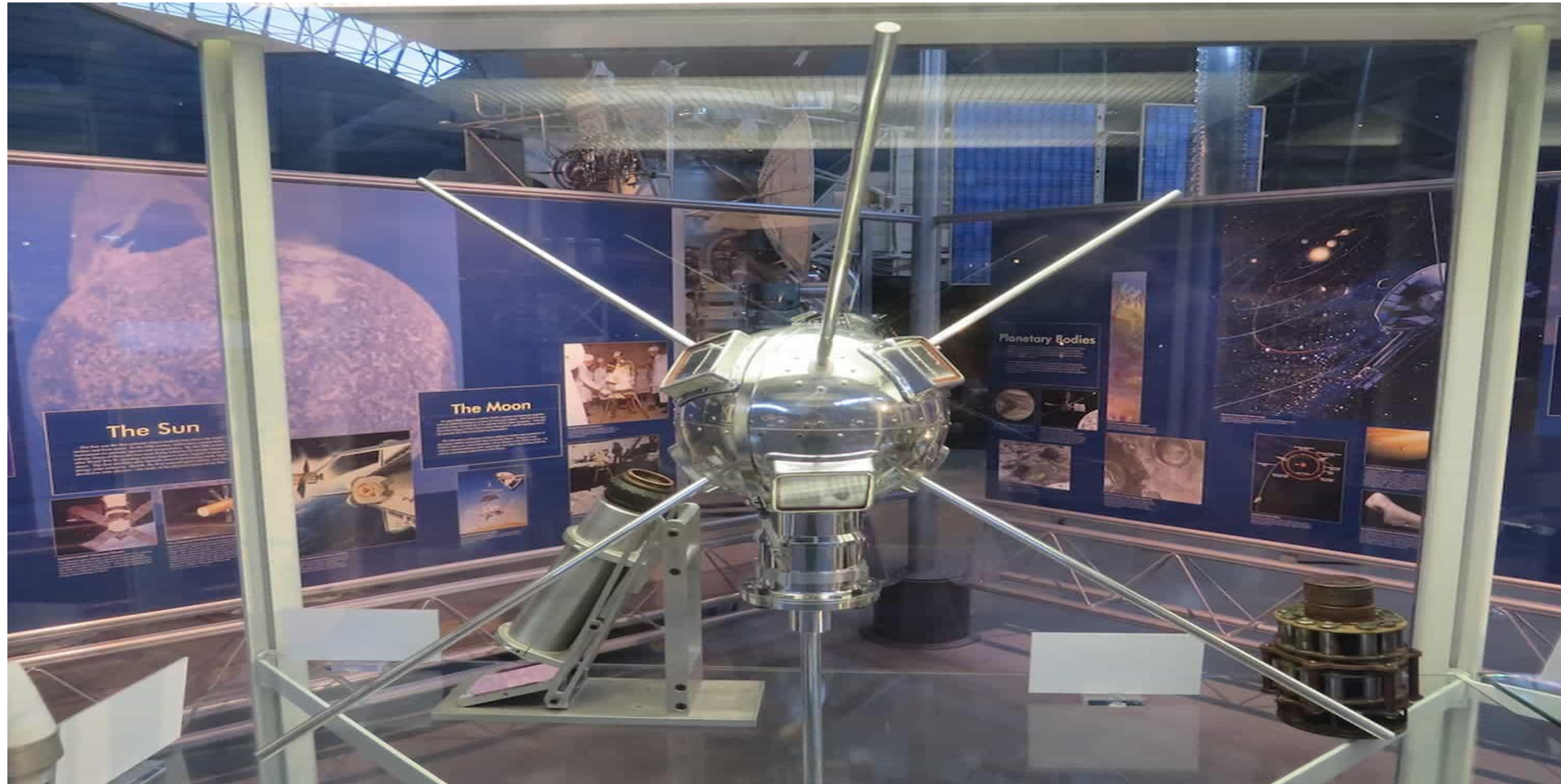
**Silicio**

<b>Símbolo químico</b>	Se	Si
<b>Número atómico</b>	34	14
<b>Aspecto</b>	gris metálico	gris oscuro azulado
<b>Estado</b>	sólido	sólido
<b>Conductividad eléctrica</b>	$1,0 \cdot 10^{-4} \text{ S/m}$	$2,52 \cdot 10^{-4} \text{ S/m}$
<b>Conductividad térmica</b>	$2,04 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}$	$148 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}$

- **1976** el anterior descubrimiento llevó a William Grylls Adams y Richard Evans Day a la conclusión de que el selenio crea electricidad cuando se expone a la luz solar sin calor ni partes móviles que puedan descomponerse fácilmente.
- **1883: Se crea la primera célula solar** El inventor neoyorquino Charles Fritts produjo las primeras células solares cubriendo selenio con una fina capa de oro, razón por la que algunos historiadores atribuyen a Fritts la invención de las células solares. Esta célula alcanzó una eficiencia de 1 a 2%. La mayoría de las células solares modernas trabajan con una eficiencia del 15-20%.
- **1953–1956: primera células solares de silicio**  
Daryl Chapin, Calvin Fuller y Gerald Pearson, físicos de los Laboratorios Bell, descubrieron que el silicio es más eficiente que el selenio, creando la primera célula solar práctica – ahora con un 6% de eficiencia.
- **En 1956, Western Electric** comenzó a vender licencias comerciales para sus tecnologías fotovoltaicas de silicio, pero los costos prohibitivos de las células solares de silicio impidieron su comercialización a gran escala.



**1958: La energía solar se utiliza en el espacio:** Después de años de experimentos para mejorar la eficiencia y comercialización de la energía solar, la energía solar obtuvo apoyo cuando el gobierno americano utilizó para alimentar equipos de exploración espacial. El primer satélite alimentado por energía solar fue Vanguard 1.



Réplica del satélite Vanguard 1



**En 1960** Hoffman Electronics crea una célula con el 14% de eficiencia.

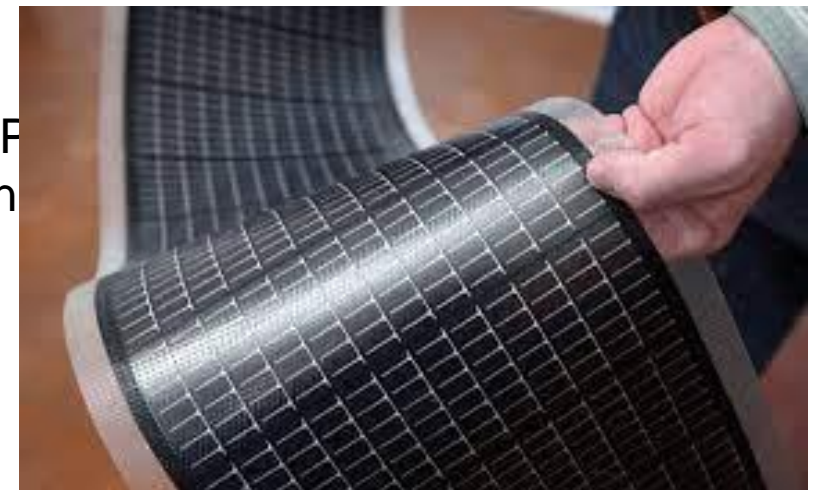
**En 1963** Sharp Corporation produce un módulo fotovoltaico viable, de células solares de silicio.

**En 1973**, un científico estadounidense llamado Russell Ohl patentó el proceso para fabricar células de silicio de **película delgada** sobre láminas de vidrio o plástico.

**En 1976**, una empresa estadounidense llamada Solar Power Corporation creó un nuevo tipo de celda solar hecha de **silicio amorfo** que tenía menos material que los tipos anteriores y podía fabricarse a bajo costo. Este nuevo tipo de celda se conoció como celda de película delgada y allanó el camino para la energía fotovoltaica barata.

**1982: Se crean los primeros parques solares** Arco Solar construyó el primer parque solar en Hesperia, California. Este parque generó 1 megavatio por hora, mientras operaba a plena capacidad.

**En 1983**, Arco Solar construyó un segundo parque solar en Carrizo Plain. En ese momento, era la mayor colección de paneles solares del mundo, con 1.2 millones de paneles fotovoltaicos que generaban 5,2 megavatios a plena capacidad.



**En 1991**, el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) de EE. UU. desarrolló una nueva celda de silicio de alta eficiencia que alcanzó una eficiencia del 20 %

**1993: Primer sistema de energía distribuida.** Pacific Gas & Electric (PG&E), instaló el primer sistema fotovoltaico alimentado por la red en Kerman, California. El sistema de 500 kilovatios fue el primer esfuerzo de «energía distribuida». La energía distribuida consiste en generar energía eléctrica mediante muchas pequeñas fuentes que se instalan cerca de los puntos de consumo y fusionarlas con la generación de las centrales convencionales.

PG&E es una empresa estadounidense de servicios que suministra gas natural y electricidad a 5,2 millones de hogares en dos tercios del norte de California.

**1998: Tejas solares flexibles de silicio.** Subhendu Guha, un científico especialista en energía fotovoltaica indio-estadounidense, inventa las tejas solares flexibles de silicio. Estas se podrían instalar con facilidad a los tejados residenciales.

**2006** - Se alcanza un nuevo récord al conseguir una célula solar con un 40% de eficiencia

**2016: Energía sin sol.** Un equipo de la Universidad de California y la Universidad Nacional de Australia, descubren el año 2016 una propiedad de los nanomateriales que se llama dispersión hiperbólica magnética. Esto permitiría producir electricidad a partir del calor, sin necesidad del sol.

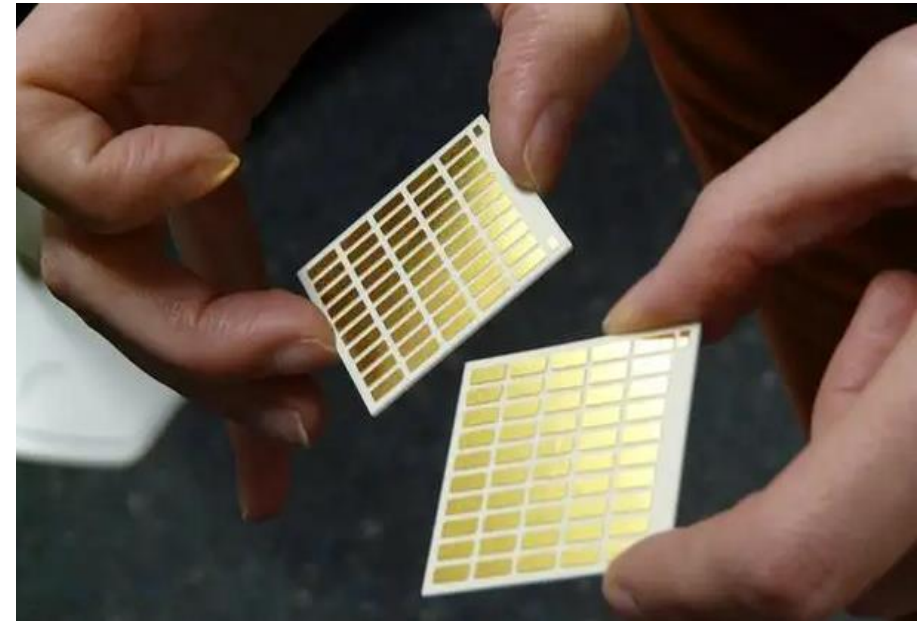
**Dopando el Silicio con Fósforo y Boro:** un equipo de la Universidad Duisburg-Essen contruyo un sustrato a bajo coste.

¿Y qué aportan el Fósforo o el Boro al Silicio? Estos dos elementos son capaces de provocar algo similar al efecto fotoeléctrico pero en vez de provocar una corriente eléctrica con luz, ésta aparece gracias al calor.

**Esta tecnología abre la puerta a que se pueda aprovechar el calor residual que se emite en centros de datos o, por ejemplo, en el motor de un vehículo:**



Chip de generación de energía termoeléctrica TEP1-142T300  
40\*40MM 300 grados de temperatura



<https://es.aliexpress.com/item/1005001664573913.html>



**Realice un ensayo sobre el estado del arte de los siguientes temas:**

- **Panel solar que genera electricidad por la noche.**
- **Generación de energía utilizando el calor que emiten los cuerpos y maquinas eléctricas.**
- **Generación de energía utilizando las vibraciones que emite un cuerpo o una maquina.**

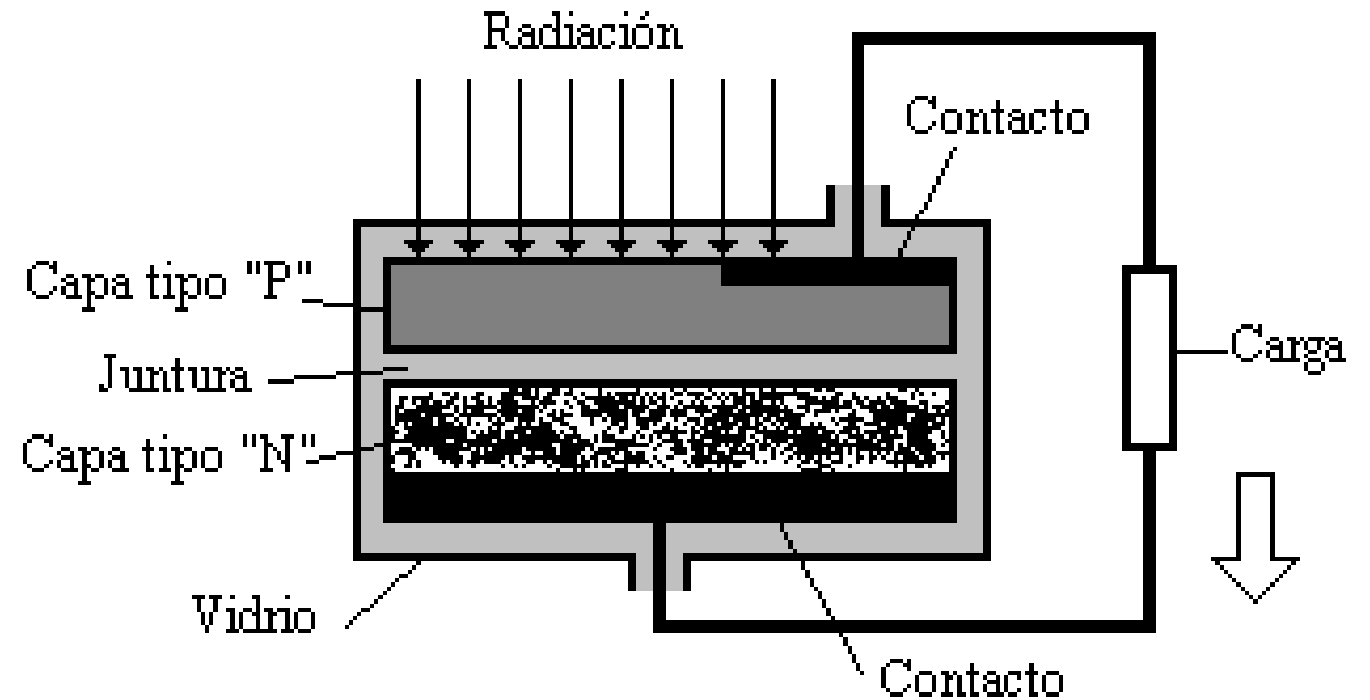
## PANELES SOLARES

Ver videos:

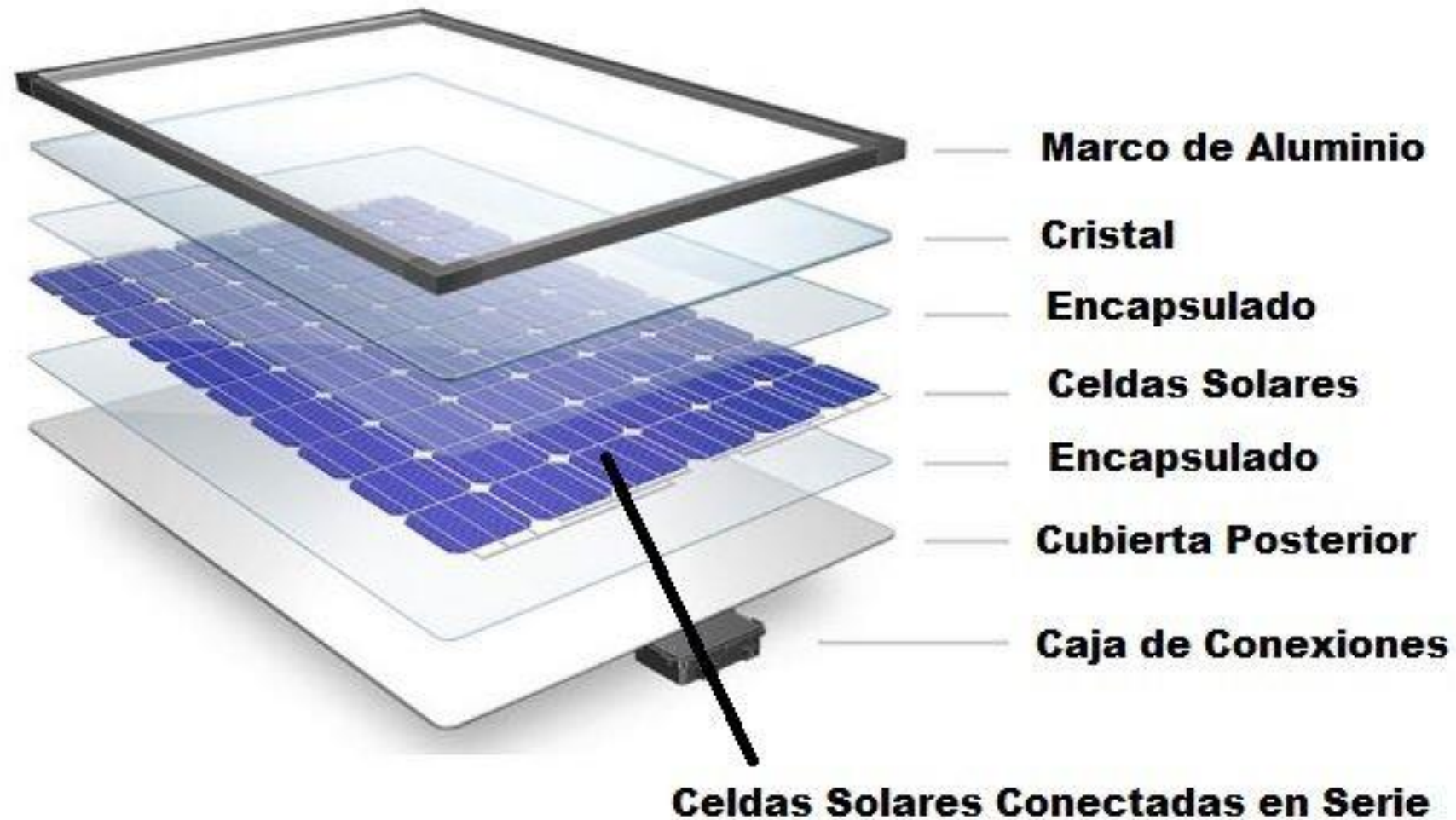
**Fabricación de Paneles solares 1**

**Fabricación de Paneles solares 2**

**Fabricación de Paneles solares 3**



## **PARTES DE UN PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO**





## TIPOS DE SILICIO

El silicio u otros materiales semiconductores utilizados para células solares pueden ser monocristalinos, multicristalinos, policristalinos o amorfos.

La diferencia clave entre estos materiales es el grado en el que el semiconductor tiene una estructura cristalina regular y perfectamente ordenada, por lo que el material semiconductor puede clasificarse según el tamaño de los cristales que componen el material.

Terminología para varios tipos de silicio cristalino (c-Si).

Descripción	Símbolo	Tamaño del grano
Monocristalino	sc-Si	>10cm
Multicristalino	mc-Si	1mm-10cm
Policristalino	pc-Si	1 $\mu$ m-1mm
Microcristalino	$\mu$ c-Si	<1 $\mu$ m

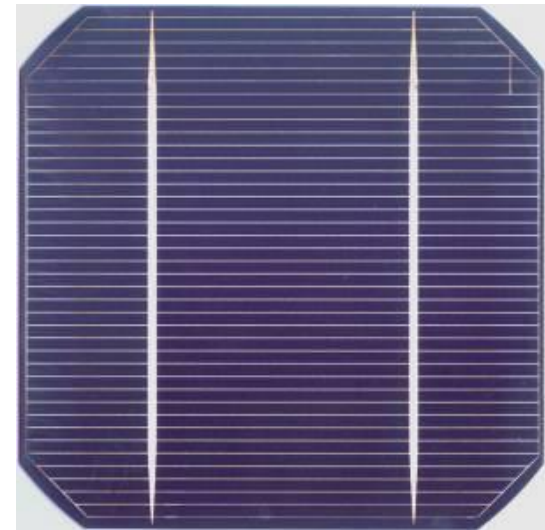
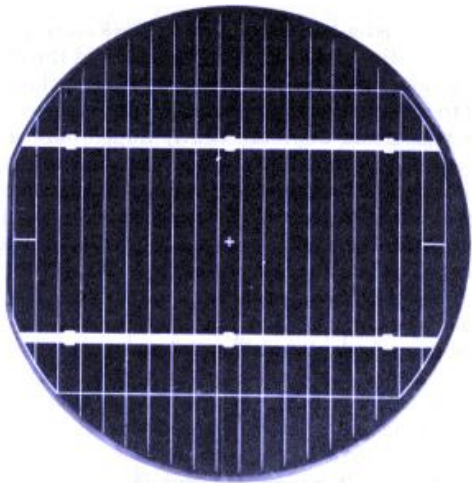
## Silicio Monocristalino.

Las obleas monocristalinas suelen tener mejores parámetros como material pero también son más caras. Presenta un comportamiento predecible y uniforme, pero debido a los cuidadosos y lentos procesos de fabricación requeridos, también es el tipo de silicio más caro.

Los paneles monocristalinos son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, tienen alta eficiencia llegando a superar el 20, una gran potencia, ocupan menos espacio y son los que más duran. Por supuesto, eso también significa que son los más caros del grupo.

Otra ventaja es que tienden a verse ligeramente menos afectados por las altas temperaturas en comparación con los paneles policristalinos.

Este tipo de obleas son circulares o semi-cuadradas.



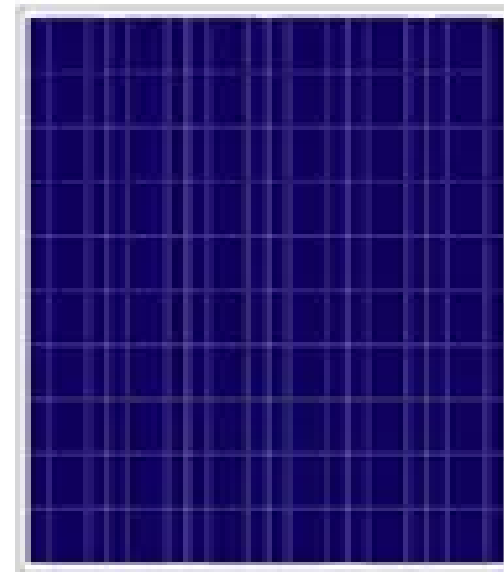
## SILICIO MULTICRISTALINO

Las técnicas para la producción de silicio multicristalino son más simples, y por lo tanto más baratas, que las necesarias para el material monocristalino.

La calidad del material multicristalino es menor que la del material monocristalino debido a la presencia de granos. Los límites de los granos introducen regiones localizadas de alta recombinación debido a la introducción de niveles de energía de defectos adicionales en la banda prohibida, reduciendo así la vida útil total del portador minoritario del material. Además, los límites de grano reducen el rendimiento de células solares bloqueando los flujos de portadores.

Esto conlleva un precio final más bajo, pero también una menor eficiencia (en torno al 15%), un menor rendimiento espacial y una menor vida útil, ya que se ven afectados por las altas temperaturas en mayor medida.

A diferencia de los paneles monocristalinos, los policristalinos presentan un característico color azul en varias tonalidades y sus esquinas acaban en ángulo recto.





## SILICION AMORFO o CAPA FINA

Amorfo significa «sin forma» para describir su forma no cristalina.

Las obleas de silicio amorfo se fabrican depositando en forma de vapor una película de silicio encima de una superficie de acero.

A causa de su menor densidad de potencia, requieren como mínimo el doble de espacio que el resto de placas solares para conseguir la misma potencia en vatios.

Tienen un coste de fabricación sensiblemente inferior a los paneles monocristalinos y policristalinos, por lo que su precio resulta también inferior.

Tienen un menor rendimiento (en torno al 6-8%).

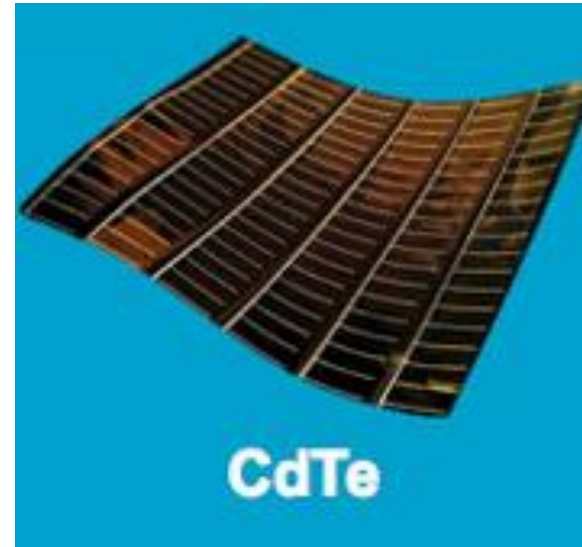
Es decir, para un panel solar de 100W 12V policristalino de medidas 117 x 67 cm, en panel solar amorfo tendrá un tamaño de 141 x 111 centímetros para conseguir los 100w de potencia.



## **Célula solar de telurio de cadmio (CdTe).**

Esta técnica fotovoltaica usa el telurio de cadmio, que permite la producción de células solares a un coste relativamente bajo y, por tanto, un tiempo de amortización más corto, menos de un año.

La única desventaja de utilizar telurio de cadmio es su característica de ser tóxico.



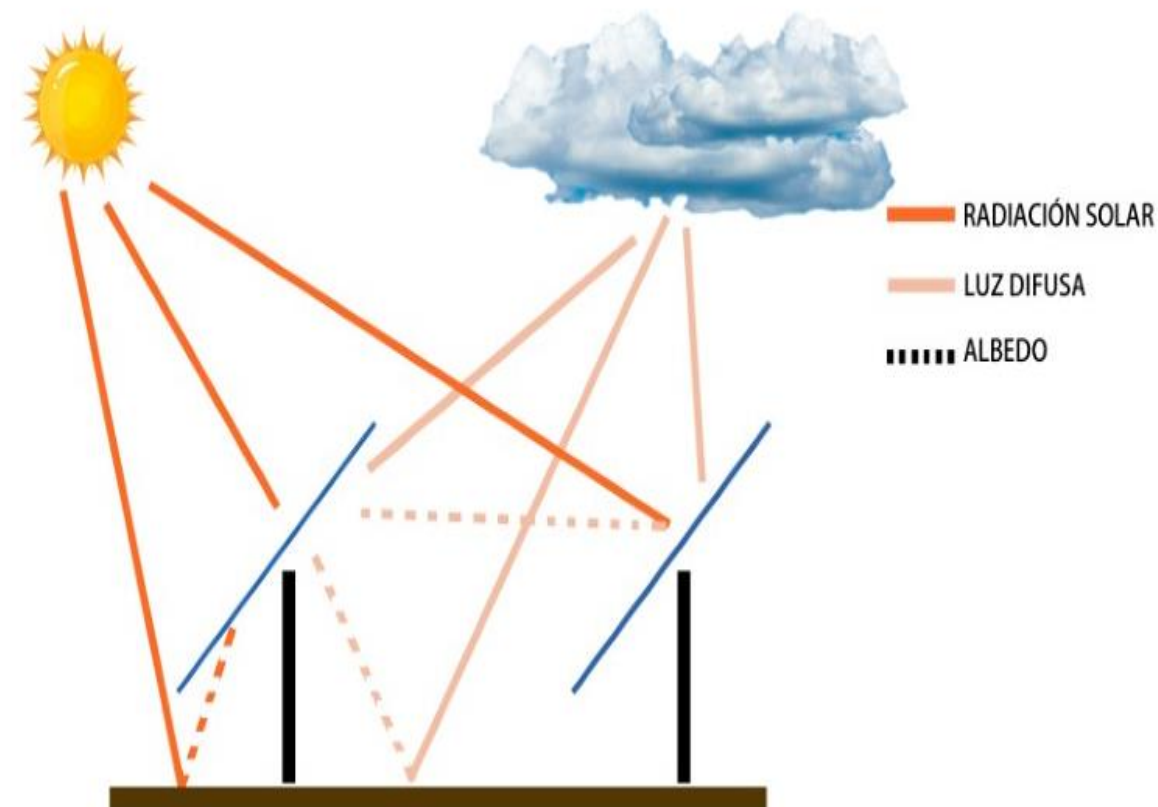
## PLACAS SOLARES BIFACIALES

Las placas solares convencionales, son las que todos conocemos y se les llama monofaciales, es decir, que capturan la luz del sol por su cara superior, mientras que la cara inferior es opaca.

Los *paneles solares bifaciales*, por el contrario, hacen honor a su nombre: son placas solares de doble cara, por decirlo de un modo, diseñadas de manera que puedan *producir energía solar* a través de su cara superior pero también de la inferior.

Para ello, estos paneles solares cuentan con células fotovoltaicas en ambas caras: las de la cara superior aprovechan la radiación solar directa y las de la parte inferior, cara al suelo, aprovechan la radiación reflejada.

<https://www.youtube.com/watch?v=byYsXUVGrPY>



El porcentaje de radiación que refleja una superficie es lo que conocemos como albedo

## EL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO





**¿Sabía que el primer módulo con una potencia nominal de 48 vatios se introdujo en 1983?**

Tenía 36 celdas con obleas de 100X100 mm: dominaron el mercado durante casi 13 años.

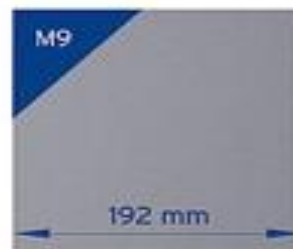
A partir de entonces, los fabricante de EE. UU. trajo paneles con una potencia nominal de 120 vatios con obleas de 125 X125 mm.

También para fabricantes de Corea del Sur y Japón utilizaron módulo de 156 vatios, fabricado por BP, también se basó en esta dimensión de 125 x 125 mm.

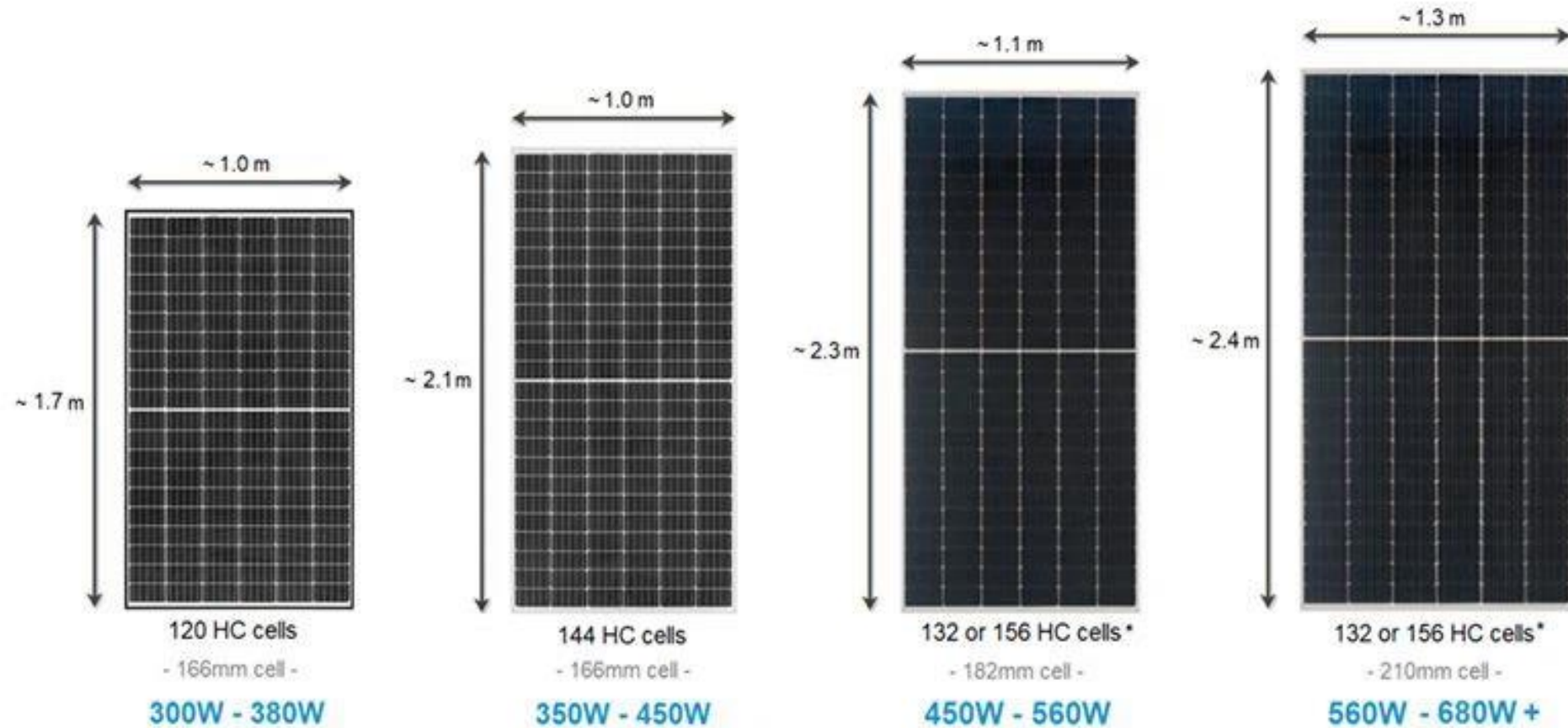
Más tarde, persistieron como el tamaño estándar durante muchos años.

Luego los fabricantes comenzaron a usar obleas tipo módulos: M0 fue la primera nomenclatura de modulo, con tamaño **de 156 mm x 156 mm** (de un lingote de 200 mm de diámetro) había sido el más dominante y popular en la industria de los semiconductores durante casi 10 años.

## Wafer Size Comparison M0 - M12



## TENDENCIAS EN MÓDULOS Y CELDAS DE OBLEAS SOLARES FOTOVOLTAICAS



## PANELES SOLARES COMERCIALES

En el mercado de los paneles solares existen 3 tipos de paneles, de 12V, de 24V y 48 v.

**PANELES de 12V** están compuestas por 36 células de silicio y abarcan un abanico de potencias desde los 5W hasta los 140W.

Estos paneles se suelen utilizar en instalaciones de baja o media potencia donde hay consumos reducidos o un uso esporádico.

Las 36 células que componen este tipo de panel, están conectadas creando un voltaje de funcionamiento cercano a 18V.

Esto se hace así ya que en el circuito eléctrico hay pérdidas de voltaje de este modo se asegura que cuando el voltaje llegue a la batería este será superior a 12V y la energía se almacenará correctamente.

**PANELES solares de 24V** funcionan de la misma forma que los paneles de aislada de 12V pero a un voltaje de 24V.

Están formadas por 72 células con lo cual su tamaño es mayor y generan potencias que oscilan desde los 150 hasta los 195 W.

Las células de estos paneles solares están conectadas creando un voltaje aproximado de 37V, con lo cual se garantiza que la energía generada por estas placas solares llegará a las baterías a un voltaje superior a los 24V.

Los paneles solares de 36 y 72 células (de 12 y 24V) se conocen como paneles solares de aislada ya que han sido diseñadas para uso en instalaciones de aislada o autónomas, es decir, en instalaciones que funcionan de forma autónoma con baterías.



**PANELES solares de 48 v.** Este tipo de paneles fueron diseñados para uso en huertas solares de conexión a red donde la energía producida se distribuye directamente a la red eléctrica.

Este tipo de paneles están compuestos por 60 a 96 células en lugar de 72, conectadas con el objetivo de producir una potencia alta.



**Electrical characteristics**

<i>P<sub>max</sub>, V<sub>oc</sub>, I<sub>sc</sub>, V<sub>mp</sub> and I<sub>mp</sub> at STC (1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5):</i>								
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	225W	230W	235W	240W	245W	250W	255W	260W
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> )	8.16A	8.31A	8.42A	8.52A	8.62A	8.72A	8.82A	8.91A
Maximum Power Voltage (V <sub>mp</sub> )	30.1V	30.2V	30.3V	30.3V	30.4V	30.5V	30.6V	30.7V
Maximum Power Current (I <sub>mp</sub> )	7.48A	7.62A	7.76A	7.92A	8.06A	8.20A	8.34A	8.48A
Module Efficiency (%)	13.8	14.1	14.4	14.7	15.0	15.3	15.6	15.9

**Temperature Coefficients**

Temperature Coefficients of P <sub>max</sub>	-0.43 %/°C
Temperature Coefficients of V <sub>oc</sub>	-0.33 %/°C
Temperature Coefficients of I <sub>sc</sub>	+0.056 %/°C

**Absolute Maximum Limits**

Maximum System Voltage	1000V DC
Module Operating Temperature	-40°C to +85°C

**El silicio ha sido hasta ahora el material más utilizado para la construcción de los paneles solares, pero existen avances y nuevas líneas de investigación en torno a un material muy prometedor: la perovskita.**

La perovskita es un mineral descubierto en el siglo XIX en los montes Urales por Gustav Perovski, pero fue el científico japonés Tsutomu Miyasaka que, hace más de una década, reveló las asombrosas propiedades de este material.

La perovskita muestra excelentes propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas, como por ejemplo, superconductividad, cuando presentan bismuto o cobre, propiedades de óptica no lineal cuando contienen neodimio o tántalo o características dieléctricas con titanio o circonio.

<https://www.youtube.com/watch?v=d6UJtpIDfqq>

## **Datos adicionales**

- Las celdas solares de silicio tienen entre 50 y 100 micras de espesor. La perovskita tiene entre 300 y 500 nanómetros de espesor, lo que la hace más pequeña y manejable.
- Desde que iniciaron los estudios con este material, la perovskita ha pasado del 0 % al 23 % en eficiencia de conversión energética, lo que ha llamado la atención de la comunidad científica internacional.
- En el 2016, también el Foro Económico Mundial incluyó las celdas fotovoltaicas de perovskita en la lista de las 10 tecnologías emergentes. «Es un nuevo tipo de célula solar que es mucho más eficiente en la generación de energía. El desarrollo rápido de estas células solares podría proporcionar una fuente confiable de energía limpia en todo el mundo», destaca el documento.

## **FABRICACIÓN LOS PANELES SOLARES**

<https://www.youtube.com/watch?v=BDIKspzotAk>