

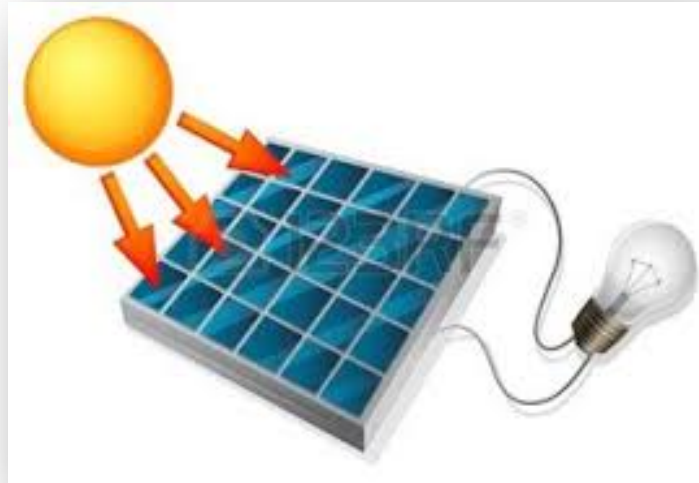
# Corriente alterna: Celdas fotovoltaicas

Marcos Flores Carrasco  
Departamento de Física

*mflorescarra@ing.uchile.cl*

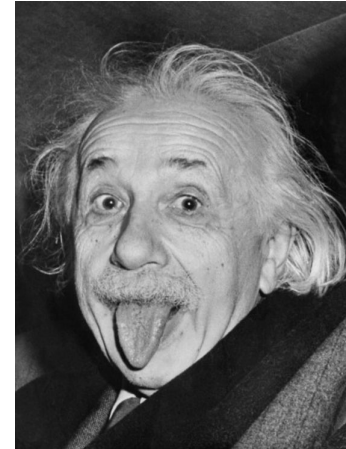
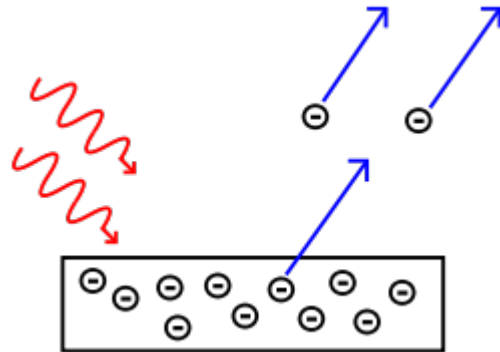
# Celda Fotovoltaica

**Celda fotovoltaica** : Dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico, generando energía solar fotovoltaica



# Generación por electrón-hueco

**Efecto fotoeléctrico** (premio nobel 1921) consiste en la emisión de electrones por un material cuando se lo ilumina con radiación electromagnética.

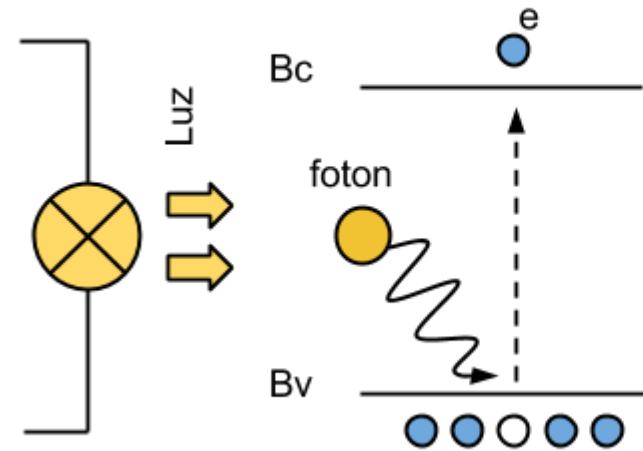
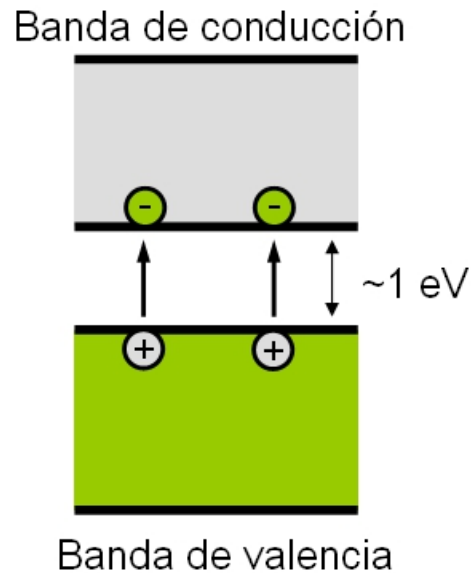


Energía de un fotón absorbido = Energía necesaria para liberar 1 electrón + energía cinética del electrón emitido.

$$E_{\text{fotón}} = \phi + KE$$

# Generación por electrón-hueco

## Semiconductor



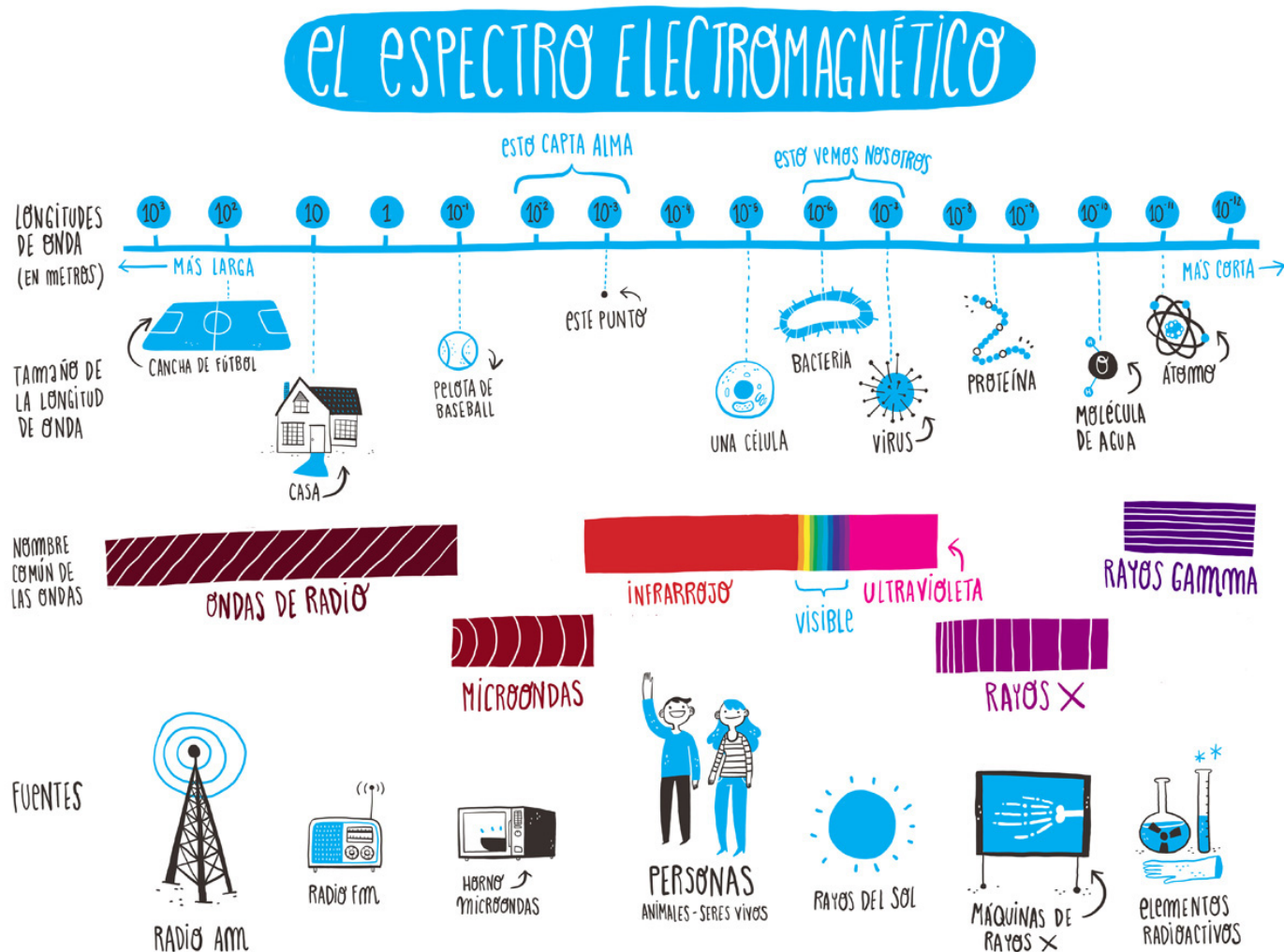
$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu = hf$$

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

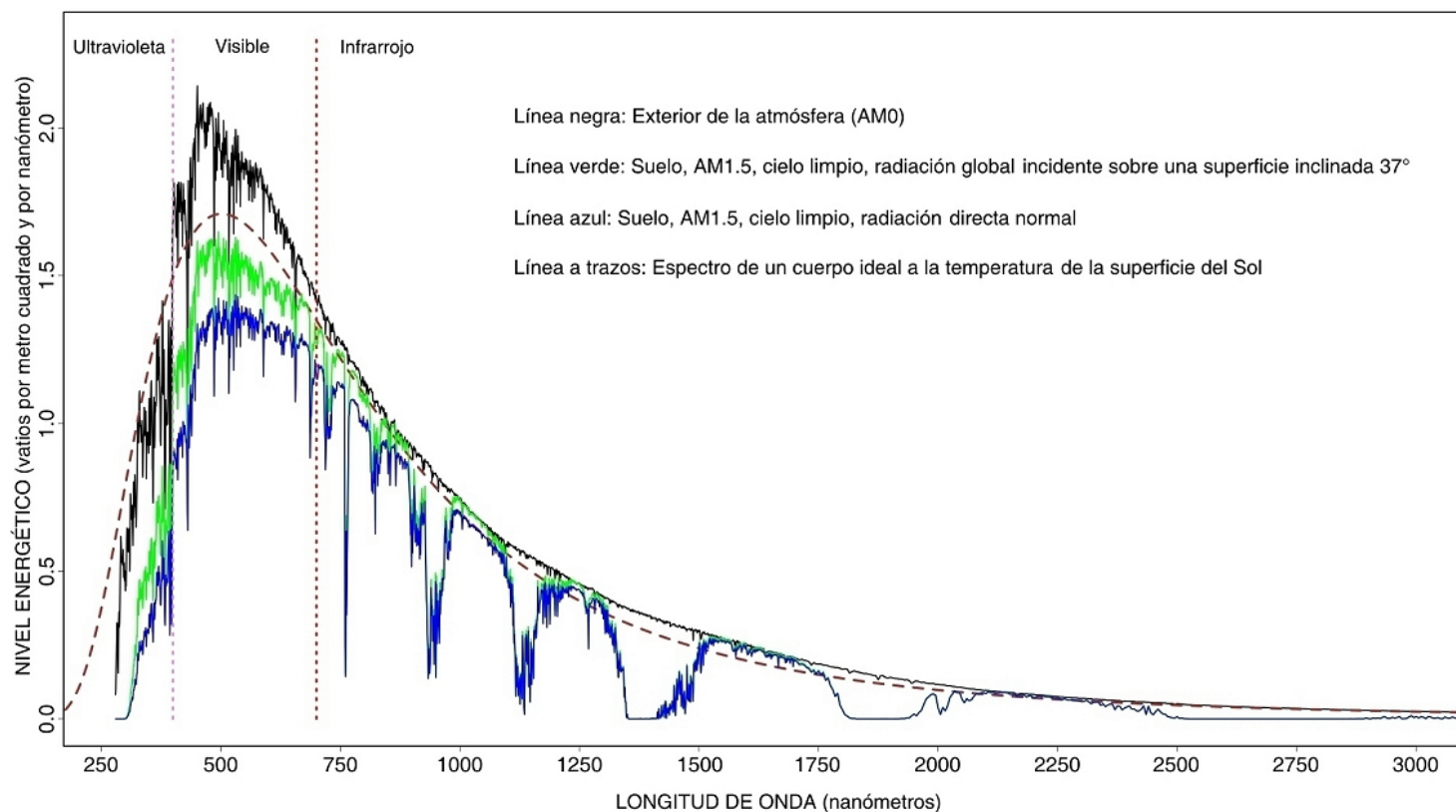
$$c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

# Energía de los fotones



# Energía de los fotones



Espectro solar medido bajo tres diferentes **masas de aire** (longitud relativa de la atmósfera que han de atravesar los rayos).

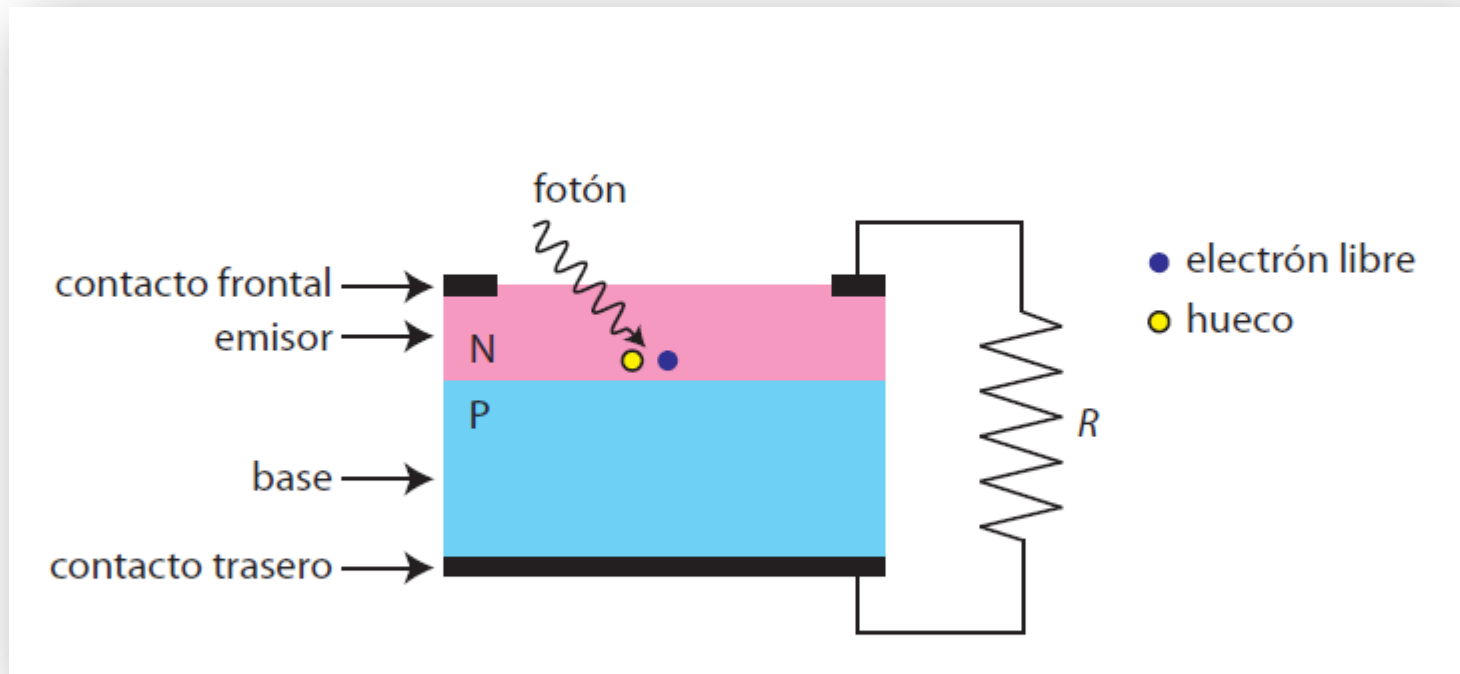
# Energía de los fotones

| color    | longitud de onda (nm) | frecuencia (THz) | Energía (eV) |
|----------|-----------------------|------------------|--------------|
| rojo     | 625–740               | 405–480          | 1,68–1,98    |
| naranja  | 590–625               | 480–510          | 1,98–2,10    |
| amarillo | 565–590               | 513–530          | 2,10–2,19    |
| verde    | 520–565               | 530–580          | 2,19–2,38    |
| azul     | 450–520               | 580–670          | 2,38–2,76    |
| añil     | 430–450               | 670–700          | 2,76–2,88    |
| violeta  | 380–430               | 700–790          | 2,88–3,26    |

| Material               | Symbol | Band gap (eV) @ 300K |
|------------------------|--------|----------------------|
| Silicon                | Si     | 1.11                 |
| Selenium               | Se     | 1.74                 |
| Germanium              | Ge     | 0.67                 |
| Silicon carbide        | SiC    | 2.86                 |
| Aluminum phosphide     | AlP    | 2.45                 |
| Aluminum arsenide      | AlAs   | 2.16                 |
| Aluminum antimonide    | AlSb   | 1.6                  |
| Aluminum nitride       | AlN    | 6.3                  |
| Diamond                | C      | 5.5                  |
| Gallium(III) phosphide | GaP    | 2.26                 |
| Gallium(III) arsenide  | GaAs   | 1.43                 |
| Gallium(III) nitride   | GaN    | 3.4                  |
| Gallium(III) sulfide   | GaS    | 2.5                  |
| Gallium antimonide     | GaSb   | 0.7                  |

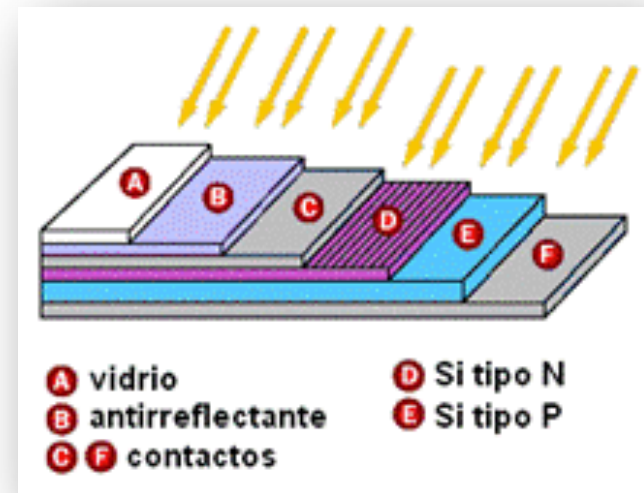
| Material              | Symbol | Band gap (eV) @ 300K |
|-----------------------|--------|----------------------|
| Indium(III) nitride   | InN    | 0.7                  |
| Indium(III) phosphide | InP    | 1.35                 |
| Indium(III) arsenide  | InAs   | 0.36                 |
| Zinc oxide            | ZnO    | 3.37                 |
| Zinc sulfide          | ZnS    | 3.6                  |
| Zinc selenide         | ZnSe   | 2.7                  |
| Zinc telluride        | ZnTe   | 2.25                 |
| Cadmium sulfide       | CdS    | 2.42                 |
| Cadmium selenide      | CdSe   | 1.73                 |
| Cadmium telluride     | CdTe   | 1.49                 |
| Lead(II) sulfide      | PbS    | 0.37                 |
| Lead(II) selenide     | PbSe   | 0.27                 |
| Lead(II) telluride    | PbTe   | 0.29                 |
| Copper(II) oxide      | CuO    | 1.2                  |

# Mecanismo de operación



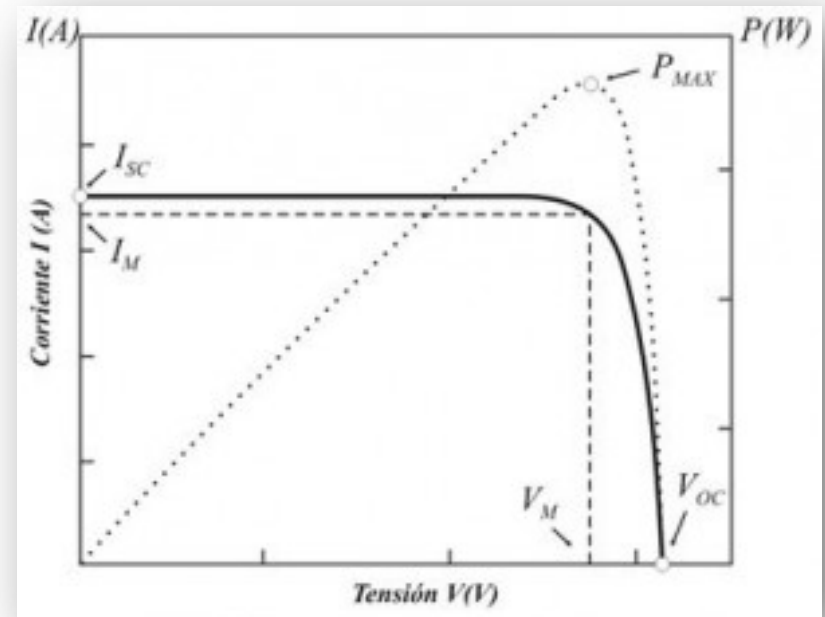
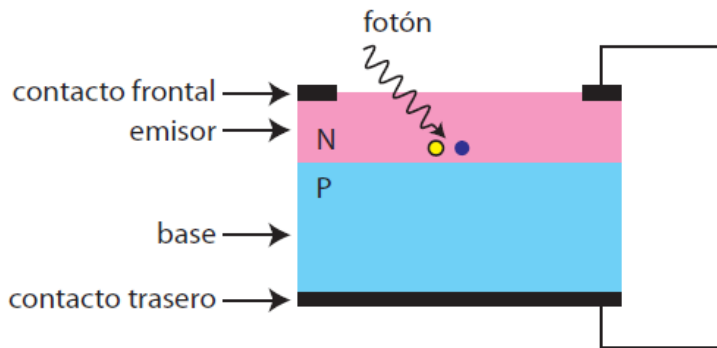
# Mecanismo de operación

Celda solar real



# Caracterización de una celda

**Voltaje circuito abierto ( $V_{oc}$ )** : se refiere al Voltaje en Circuito Abierto. Es el máximo voltaje que la celda puede producir para un nivel dado de intensidad de luz incidente.



# Celda Fotovoltaica

El punto de potencia máxima :

$$P_{MAX} = V_{MP} I_{MP}$$

Dado que  $I_{mp} < I_{sc}$  y  $V_{mp} < V_{oc}$ , se tiene que siempre  $P_{max} < I_{sc} V_{oc}$

La resistencia característica de la celda fotovoltaica:

$$R_c = \frac{V_{MP}}{I_{MP}},$$