

# Aspectos Éticos, Sociales y Profesionales Avanzados en Informática

**Modulo 2: Eficiencia Energética sobre  
diferentes plataformas**

Mg. Diego Encinas

Ing. Santiago Medina

# Organización

## Módulo 2: Eficiencia Energética sobre diferentes plataformas

### ● ***Motivaciones***

- Eficiencia computacional. Ley de Moore.
- Eficiencia energética (métrica performance/watt). Ley de Koomey. Single core a multicore: Power Wall. Impacto de la supercomputación (métrica PUE). Generalidades de las técnicas de reducción del consumo energético.

### ● ***Conceptos***

- Energía y potencia. Tensión e intensidad. Qué medir.
- Análisis de potencia en corriente alterna: generación, potencia instantánea, media y real (activa). Instrumentos de medición de potencia: características y tipos. Metodología de medición con instrumentos. Medición en dispositivos a batería. Modelos de potencia.

### ● ***Práctica 1***

- Medidas de consumo sobre microcontroladores y SBC. Casos de estudio.

### ● ***Práctica 2***

- Medidas de consumo sobre un PC multicore y GPUs. Casos de estudio.

### ● ***Evaluación***

- Cuestionario teórico-práctico

# **Definiciones**

# Energía y Potencia

## Energía (E)

Capacidad para realizar un trabajo.

Unidad: **julio o joule (J)**

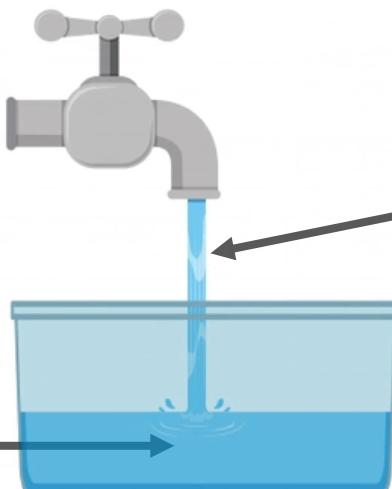
## Potencia (P)

Cantidad de energía transferida por unidad de tiempo.

Unidad: **vatios o watt (W)**

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Joule / segundo}$$

Agua acumulada  
/ Energía



Caudal de agua  
/ Potencia

# Energía y Potencia: múltiplos y relaciones entre unidades

## Energía (E)

- Watt-hora (Wh):       $1 \text{ Wh} = 3.600 \text{ Joules}$
- Uso del sistema internacional de medidas:

$$1 \text{ KJ} = 1.000 \text{ J}$$

$$1 \text{ KWh} = 1.000 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ MJ} = 1.000 \text{ KJ}$$

$$1 \text{ MWh} = 1.000 \text{ KWh}$$

...

## Potencia (P)

- Uso del sistema internacional de medidas:

$$1 \text{ KW} = 1.000 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 1.000 \text{ KW}$$

...

# Potencia y energía

Power       $\times$



100 Watt

Time



1 Hour

= Energy Consumption

$$= \begin{array}{ll} 1 \text{ seg} & 100 \text{ Joules} \\ 3.600 \text{ seg} & 360.000 \text{ Joules} \end{array}$$

$$360.000 \text{ J} = 100 \text{ Wh}$$



$10 \times 100 \text{ Watts}$   
1,000 Watts

$\times$



1 Hour

$$= \begin{array}{ll} 1 \text{ seg} & 1.000 \text{ Joules} \\ 3.600 \text{ seg} & 3.600.000 \text{ Joules} \end{array}$$
$$3.600.000 \text{ J} = 1.000 \text{ Wh} = 1 \text{ KWh}$$

# Potencia y energía

Power       $\times$



100 Watt

Time = Energy Consumption



10 Hours

= 1,000 Watt-hours or 1 kWh



$10 \times 100$  Watts  
1,000 Watts

$\times$



1 Hour

= 1,000 Watt-hours or 1 kWh

Power Plant



0,1 kW



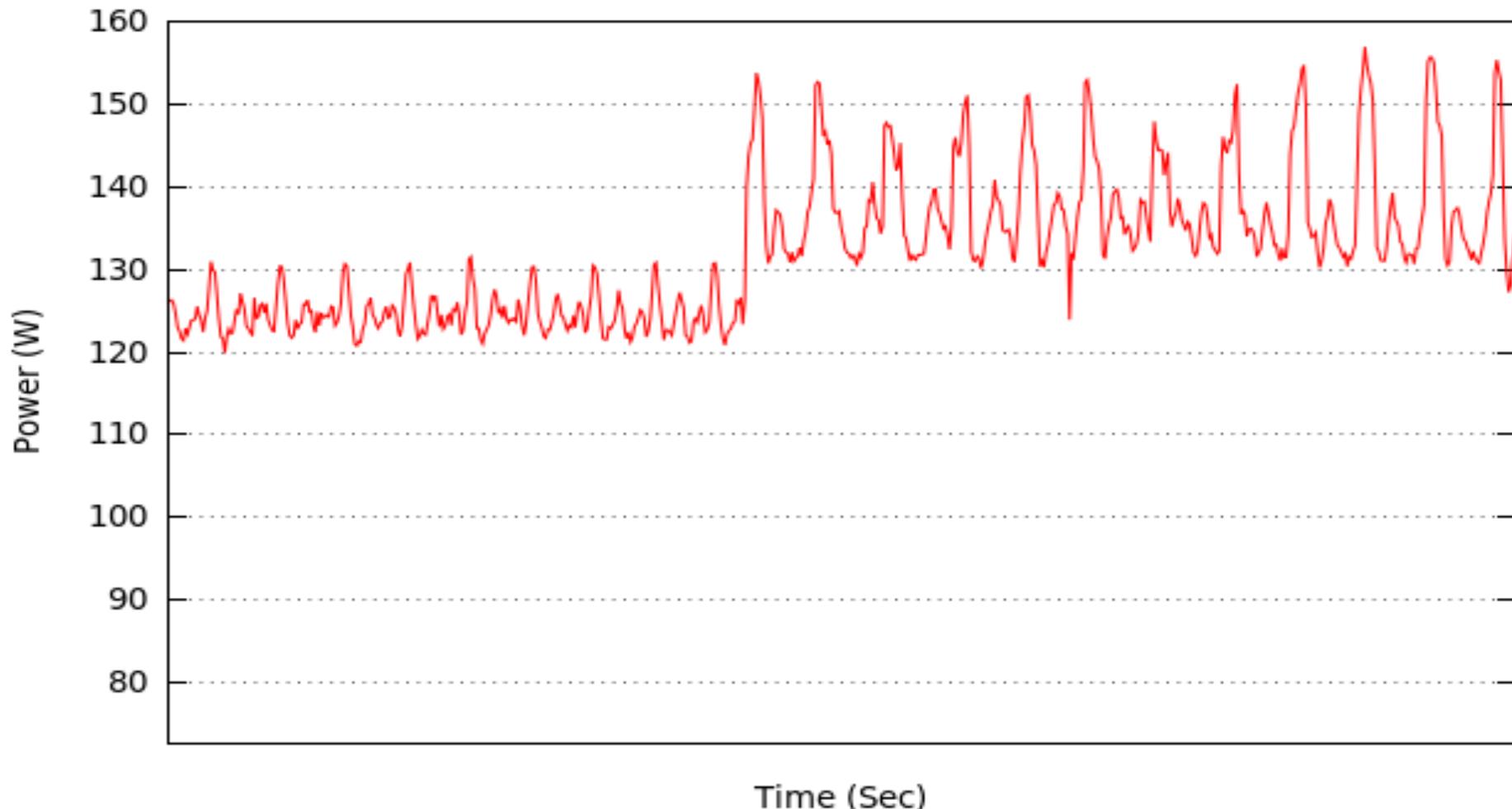
1 kW

# Potencia y energía

La potencia puede ser medida en cualquier instante de tiempo, mientras que la energía debe ser medida durante un cierto periodo de tiempo.



# Potencia y energía: medición real de la potencia de una computadora



Energía = promedio de la potencia  $\times$  tiempo de ejecución de la tarea

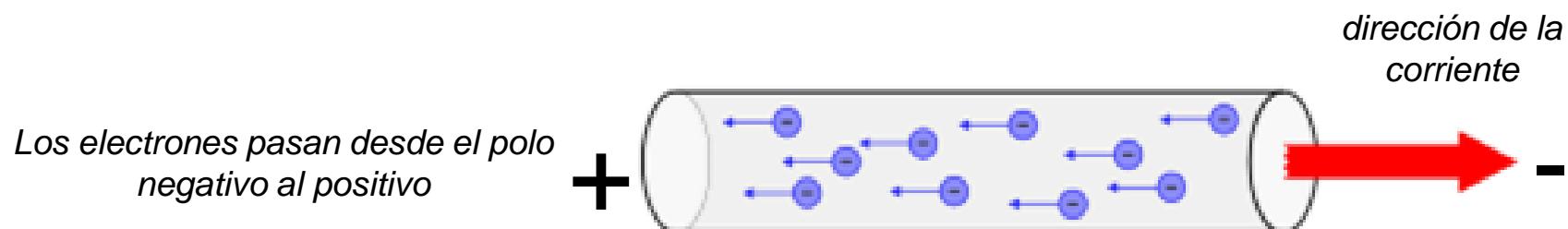
# ¿Cómo se calcula la Potencia?

$P$  ( $W$ ) = Tensión ( $V$ ) x Intensidad ( $I$ )

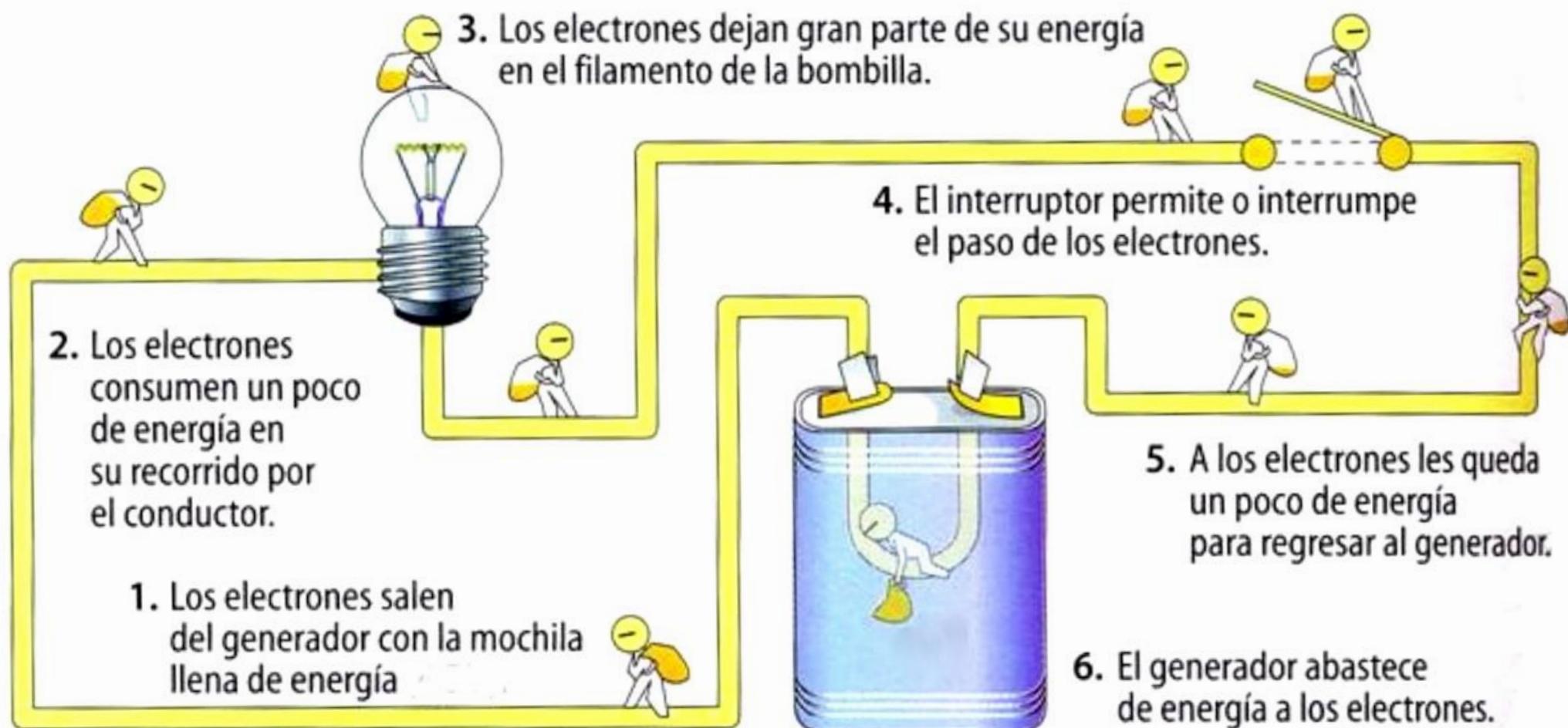
# Electrones libres

Un material **conductor** posee gran cantidad de **electrones libres**, por lo que es posible el paso de la electricidad a través del mismo.

- Los electrones libres no están ligados a ningún átomo en particular.
- Un cuerpo será mejor conductor de la electricidad cuanto mayor sea el número de electrones libres que tenga en total.



# Electrones transportando carga eléctrica



# Unidad de carga eléctrica



**Cada electrón transporta una carga elemental negativa**

La cantidad de carga se puede definir en términos del número de electrones, pero como es una magnitud muy pequeña, se suele utilizar como **unidad de carga eléctrica el culombio (C)**:

$$1 \text{ C} = 6,241509126 \times 10^{18} \text{ electrones libres}$$



# Tensión

Trabajo realizado por unidad de carga eléctrica.

La **unidad** es el **Volt** (V):

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{Joule}}{\text{Culombio}}$$

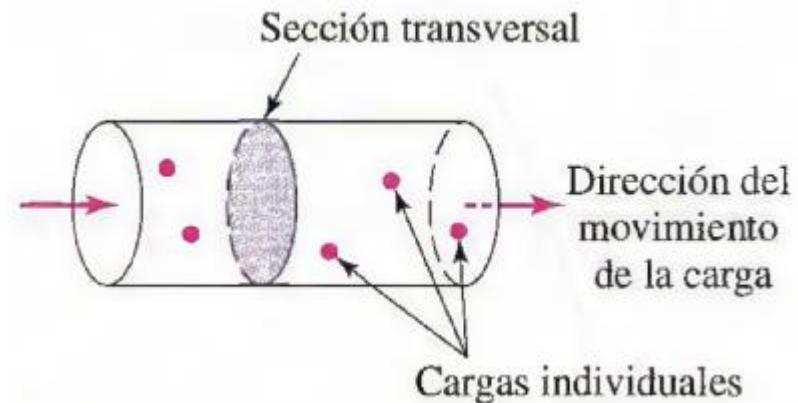
- Joule (J) es la *unidad de energía*
- Culombio (C) es la *unidad de carga eléctrica*

# Intensidad

La **corriente eléctrica o intensidad (I)** es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material.

La **corriente eléctrica** se mide en **amperios (A)**:

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{Culombio}}{\text{Segundo}}$$



Un **valor negativo** significa que la corriente fluye en la dirección opuesta a la de referencia.

# Potencia

La **Potencia (W)** se puede calcular como:

$$P = \text{Tensión (V)} \times \text{Intensidad (I)}$$

$$P = \frac{\text{Joules}}{\cancel{\text{Culombio}}} \times \frac{\cancel{\text{Culombios}}}{\text{Segundo}} = \frac{\text{Joules}}{\text{Segundo}} = W$$

*Si la potencia resulta negativa, entonces el material suministra energía*



220 V

220 V

220 V



110 V

110 V

110 V

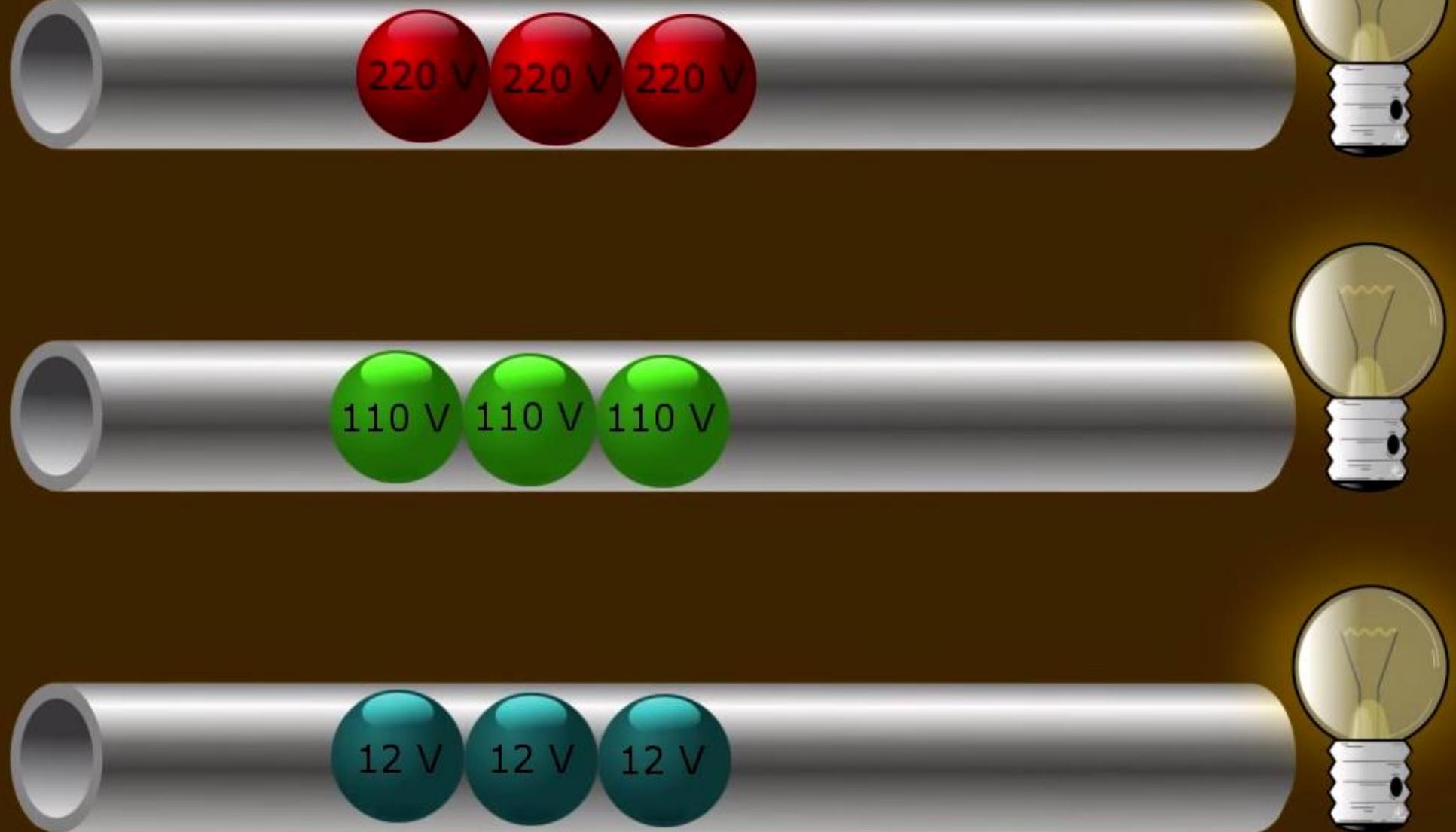


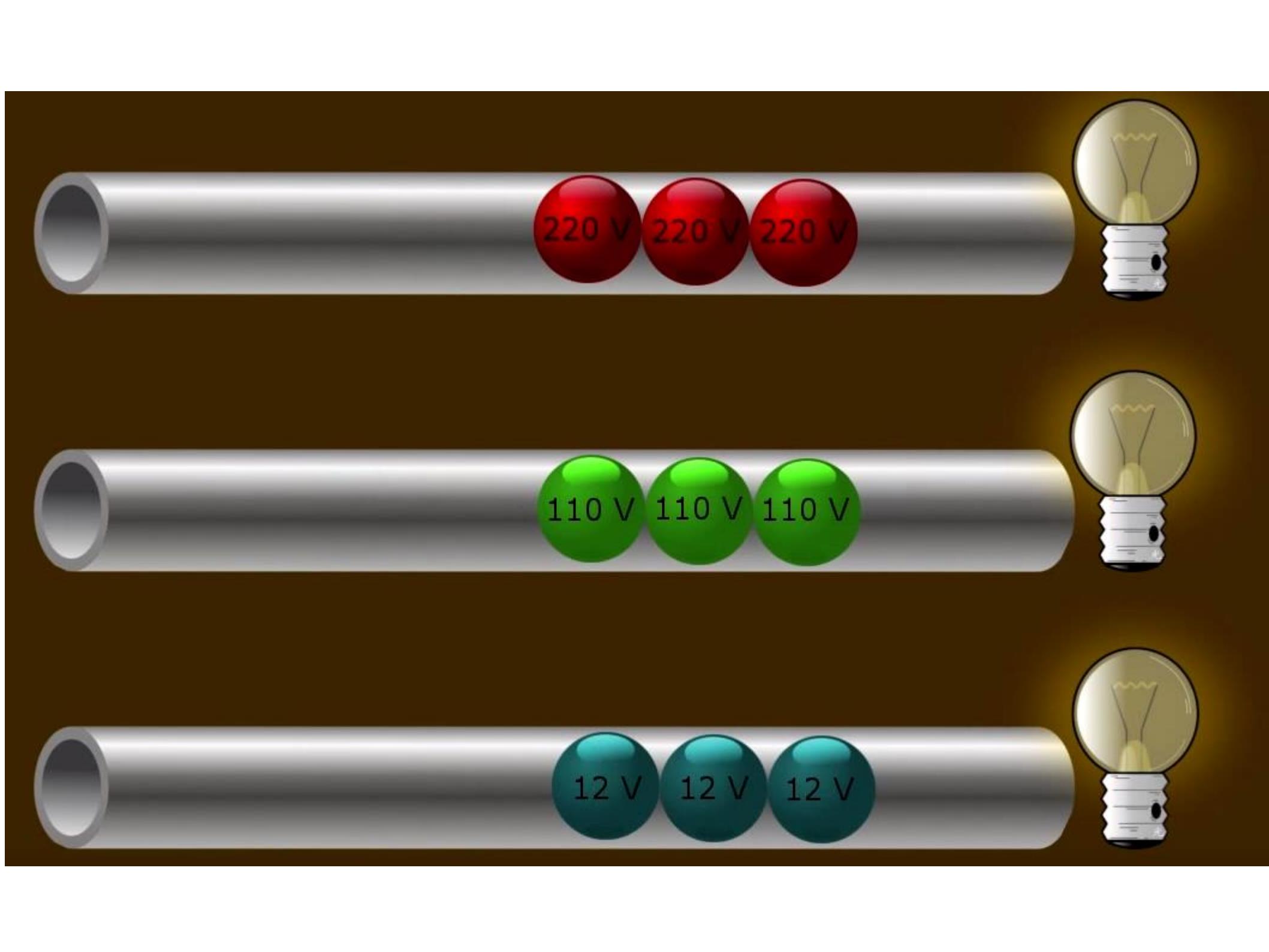
12 V

12 V

12 V



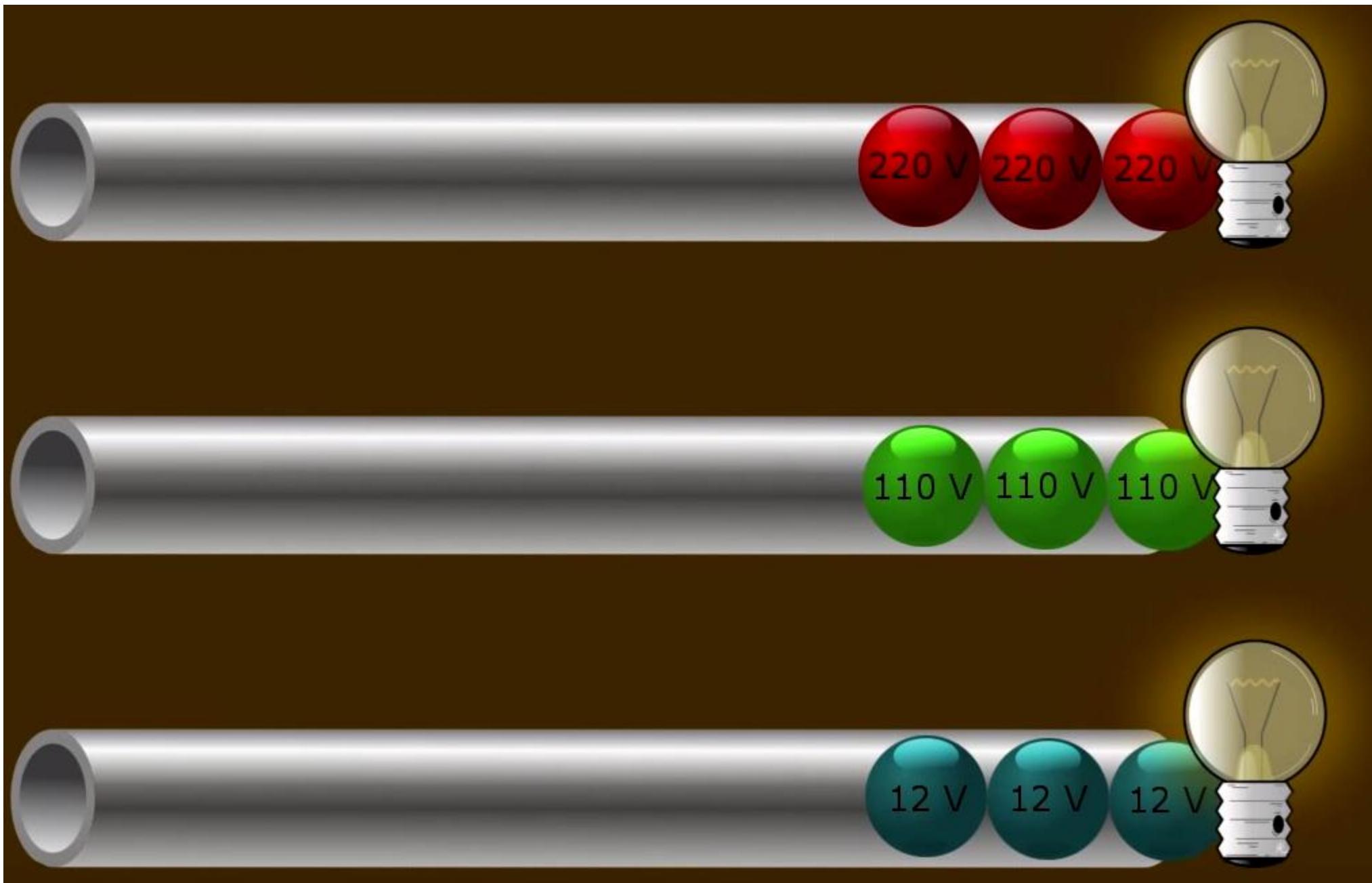


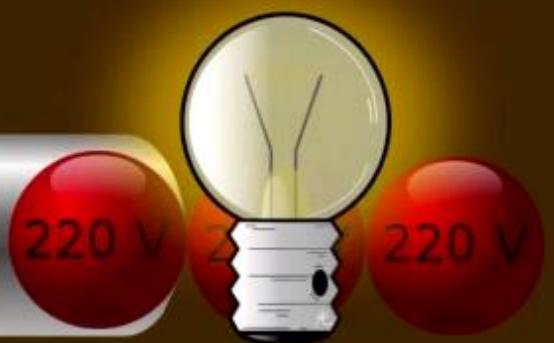


220 V 220 V 220 V

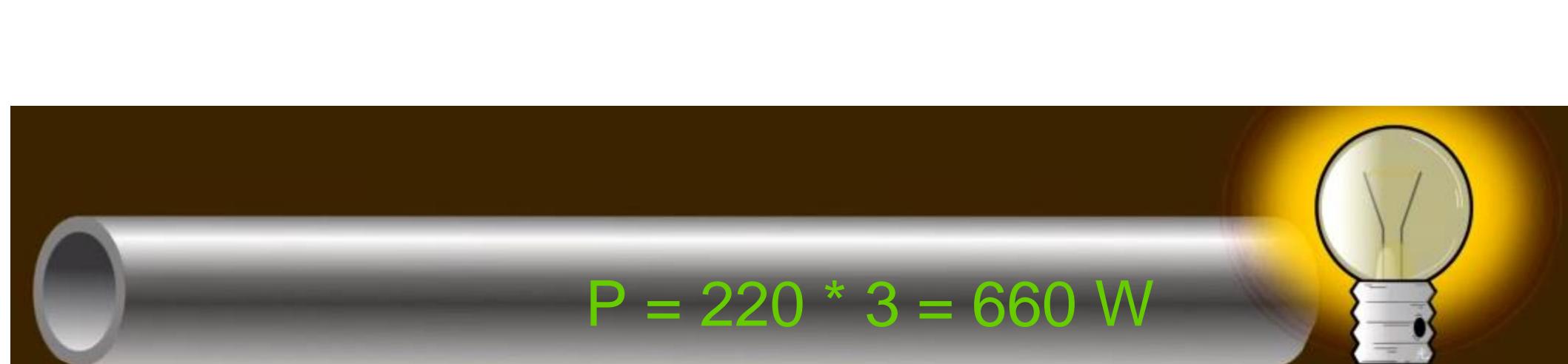
110 V 110 V 110 V

12 V 12 V 12 V








$$P = 220 * 3 = 660 \text{ W}$$


$$P = 110 * 3 = 330 \text{ W}$$

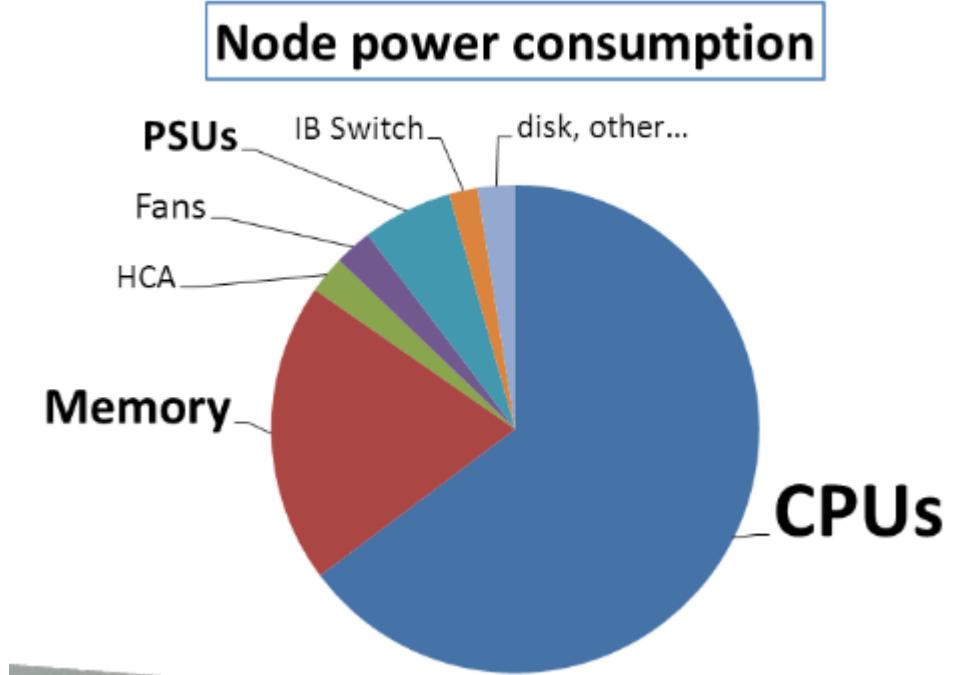

$$P = 12 * 3 = 36 \text{ W}$$

# ¿Qué medir?

Sistema completo



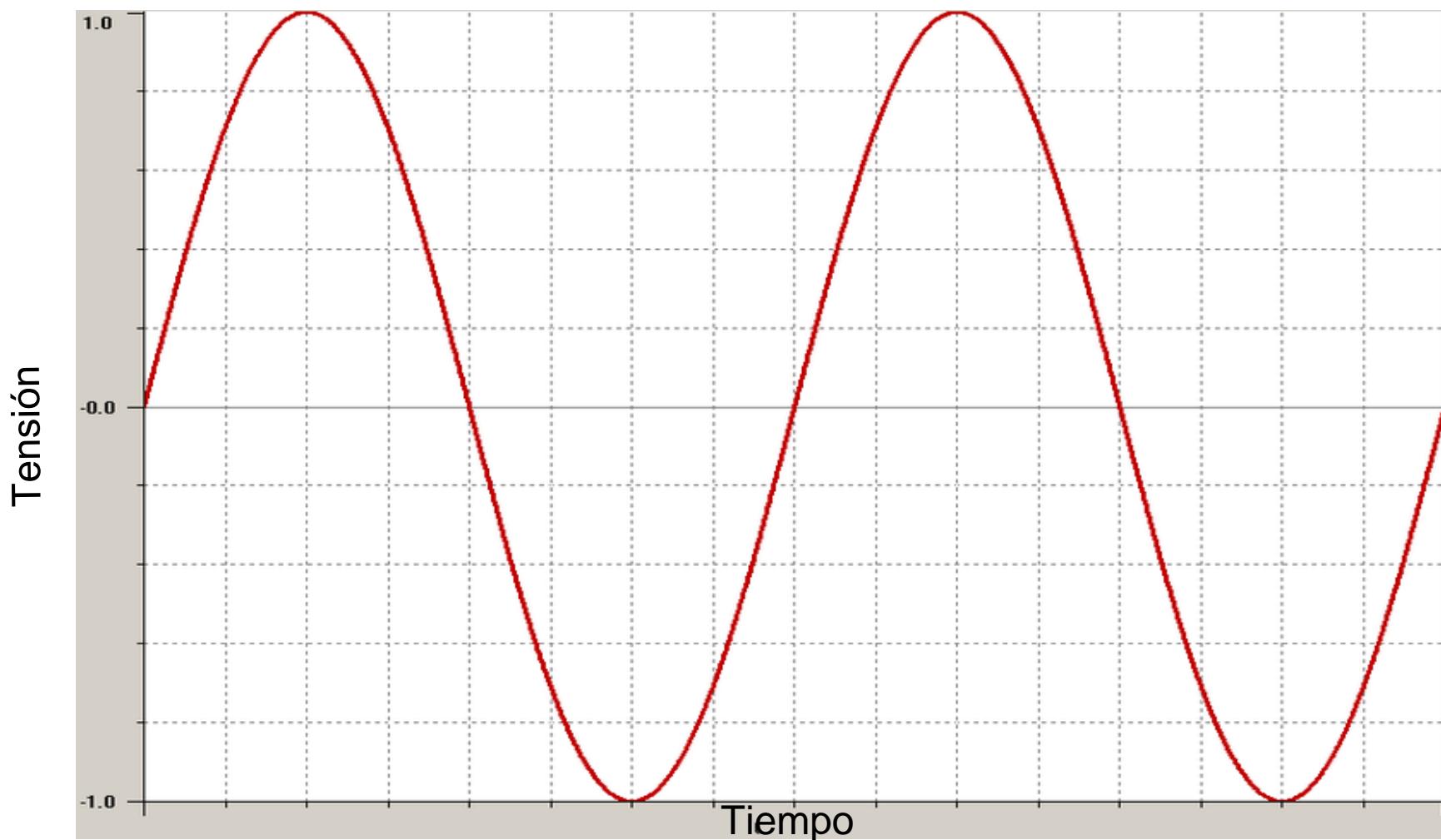
Sus partes



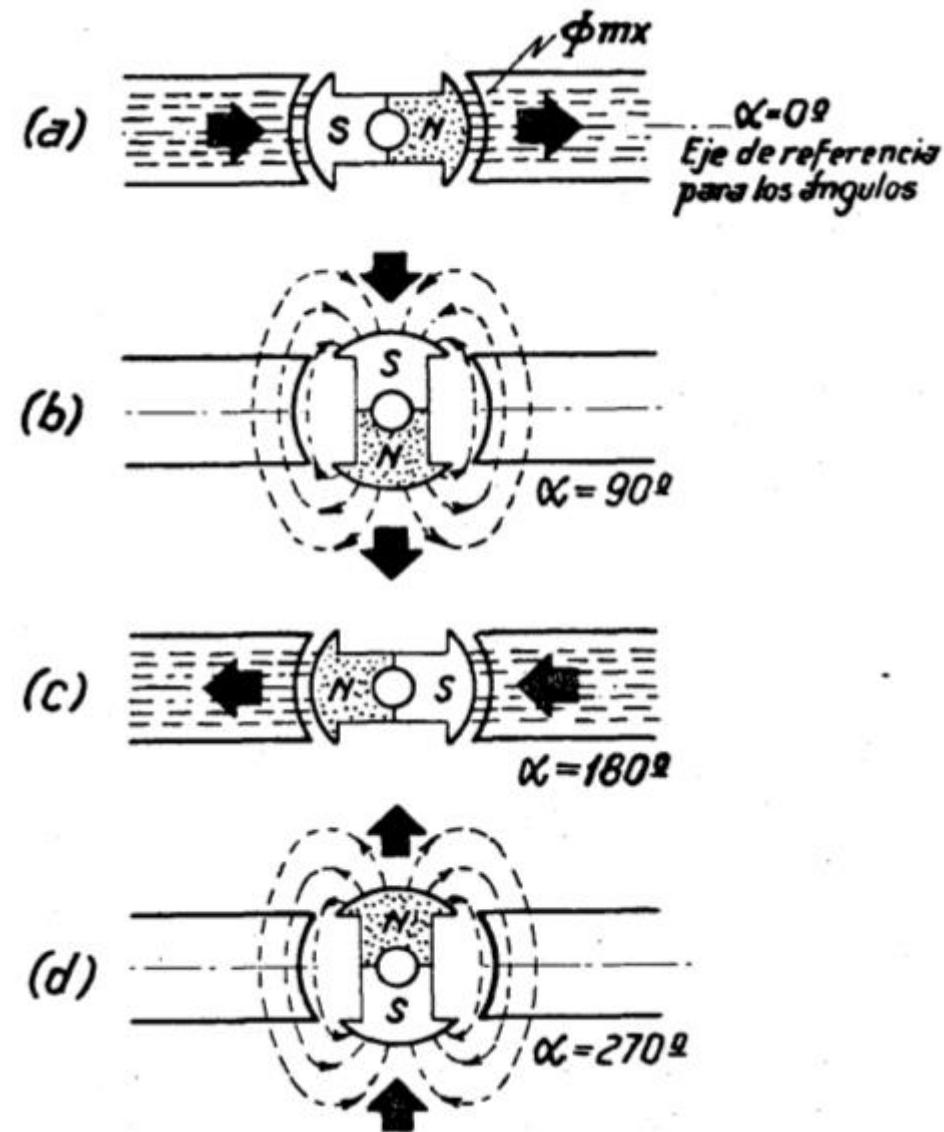
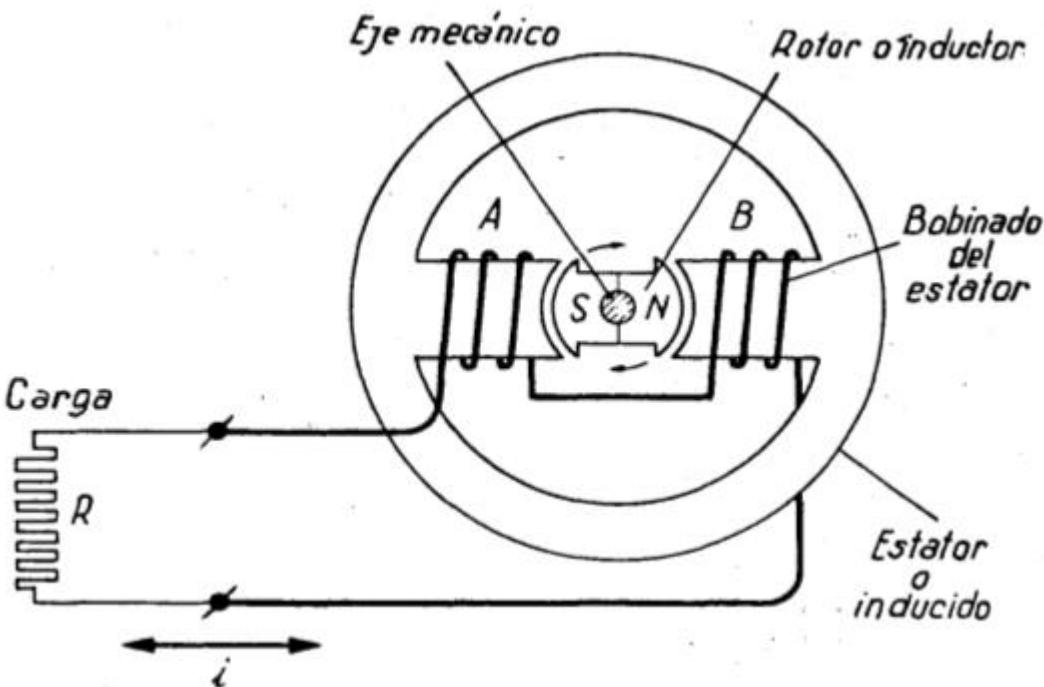
# **Análisis de Potencia en CORRIENTE ALTERNA**

# Corriente Alterna (AC)

AC es la corriente eléctrica en la que la **magnitud** y **dirección** varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal:



# Generación de la corriente alterna



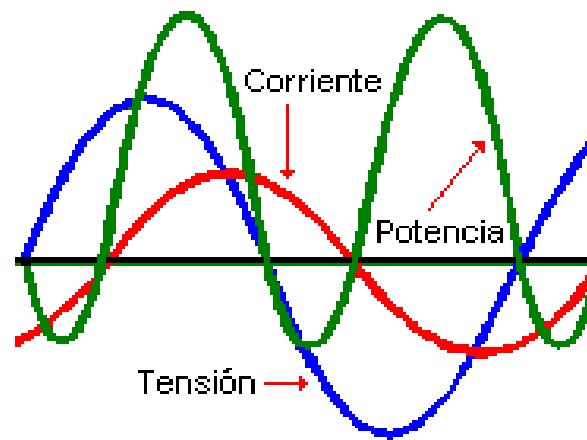
¿Por qué corriente alterna?

<https://www.unocero.com/ciencia/hablando-con-los-expertos-sobre-corriente-alterna-y-directa/>

# Potencia Instantánea

La **potencia instantánea** es válida solo para un instante de tiempo:

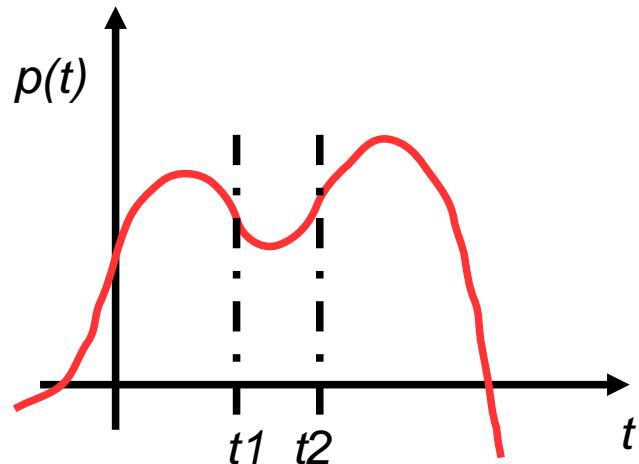
$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$



- **Valores positivos:** El circuito absorbe energía del generador
- **Valores negativos:** El circuito entrega energía al generador

# Potencia media

**Potencia media** es el promedio de potencia entre dos instantes de tiempo. Significa un balance entre lo que entra y lo que sale del circuito.



$$P = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt$$

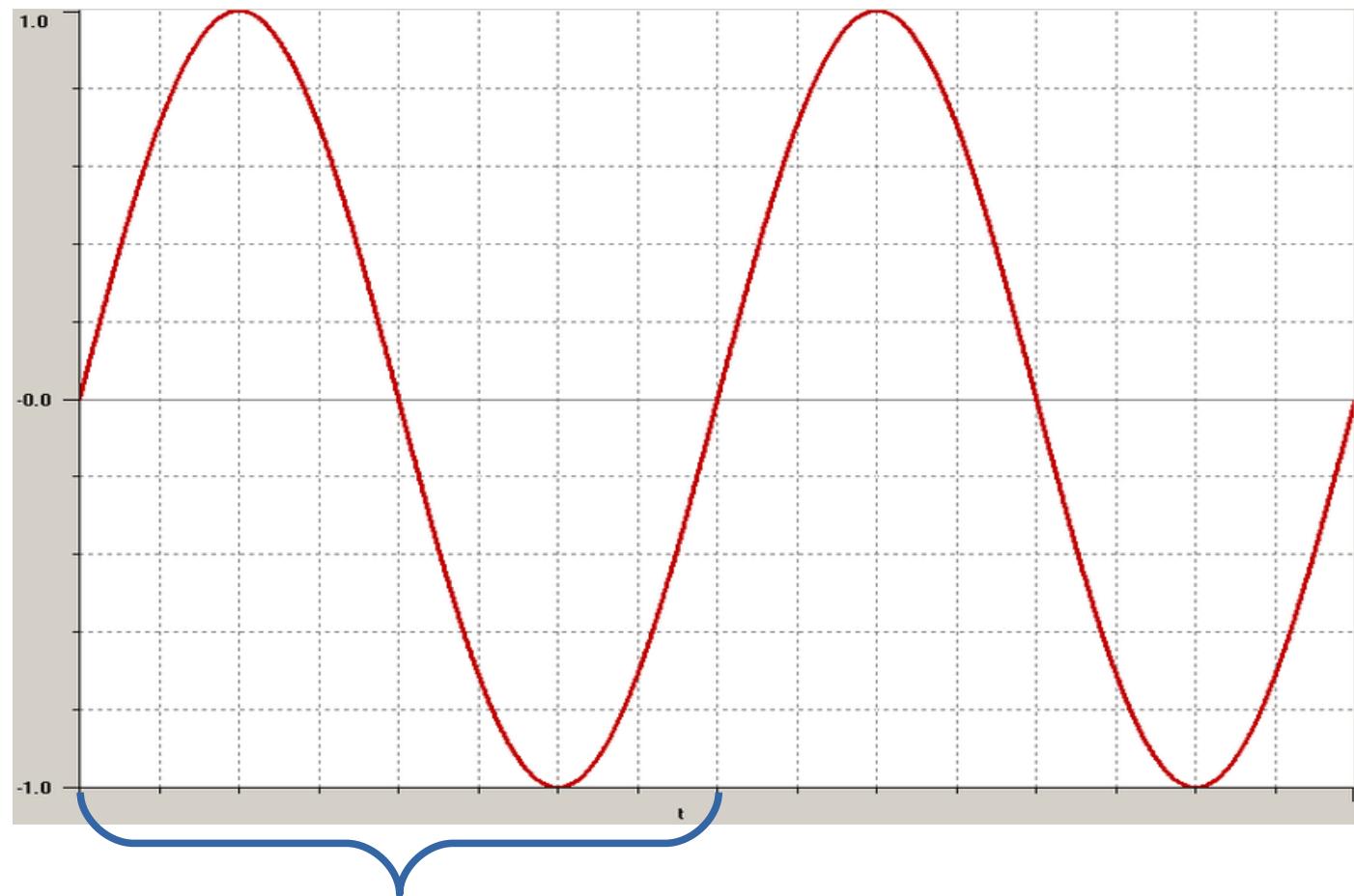
# Potencia real o activa

Potencia media sobre un ciclo completo de la curva de AC:

- Resulta en una transferencia de energía de una dirección
- Se mide en W

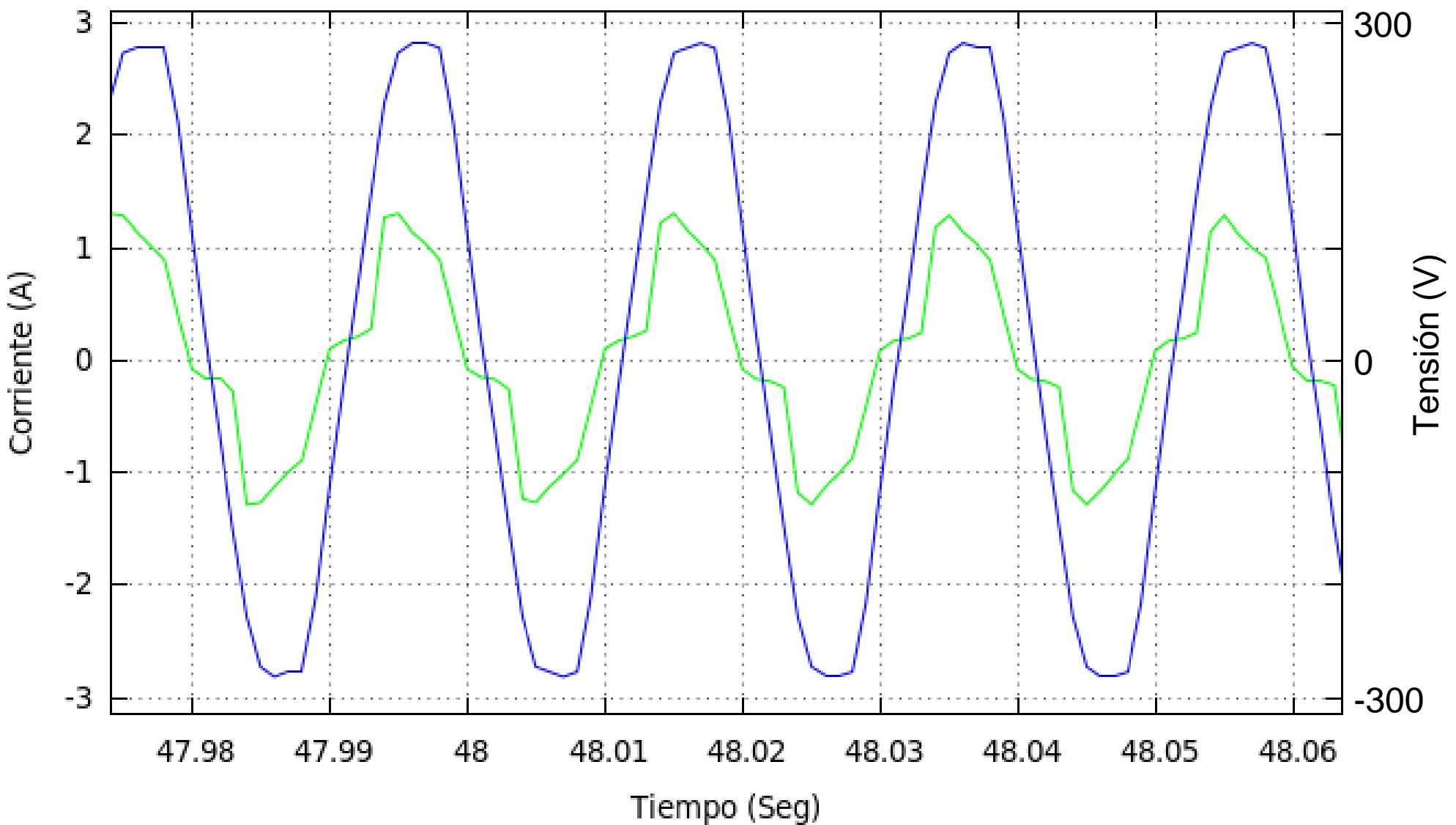
Argentina

Tensión sinusoidal  
Frecuencia: 50Hz  
Magnitud: 220 V

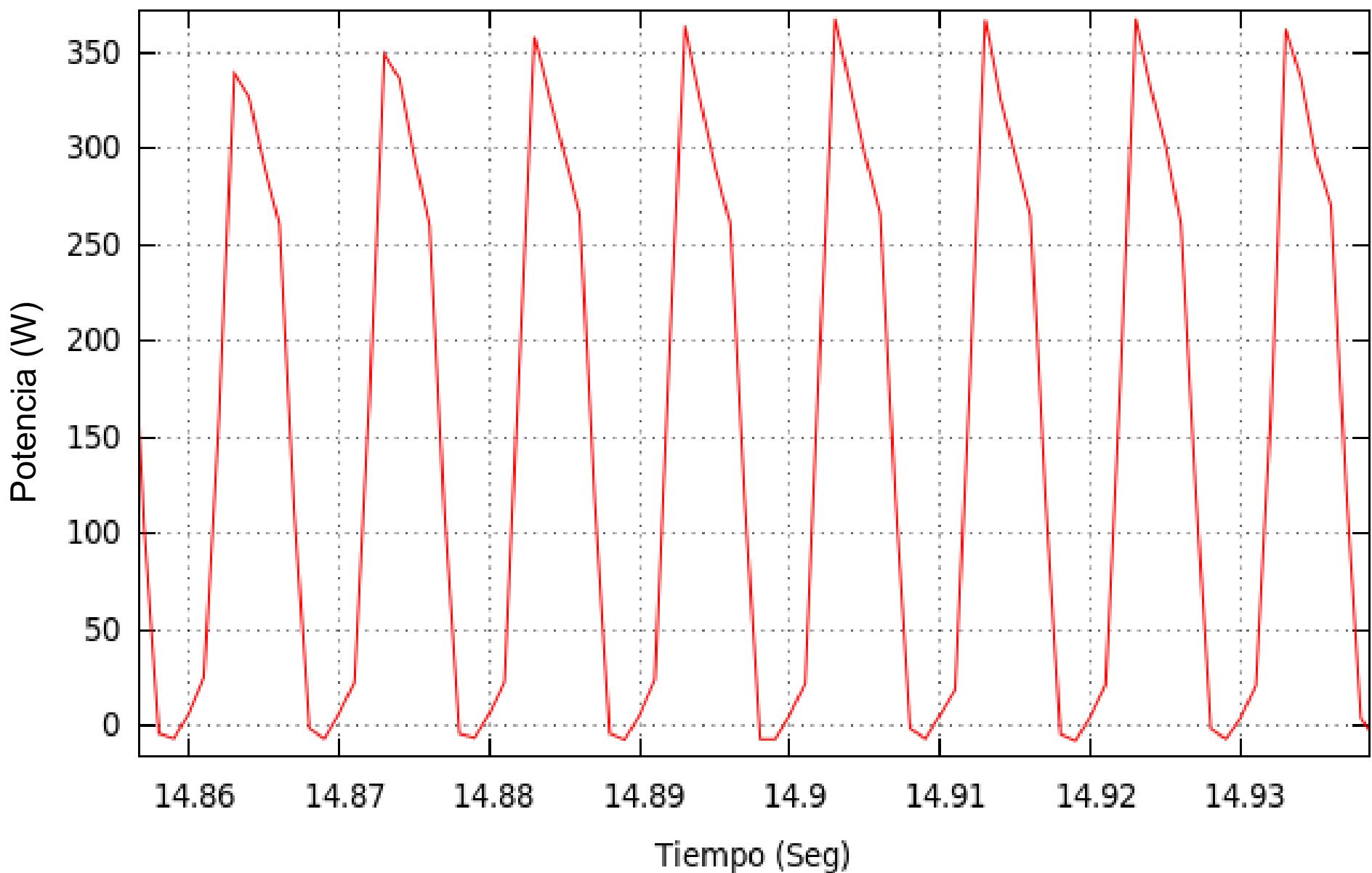


$$50 \text{ Hz} \rightarrow T = 1/50 \text{ seg} = 0,02 \text{ seg} = 20 \text{ ms}$$

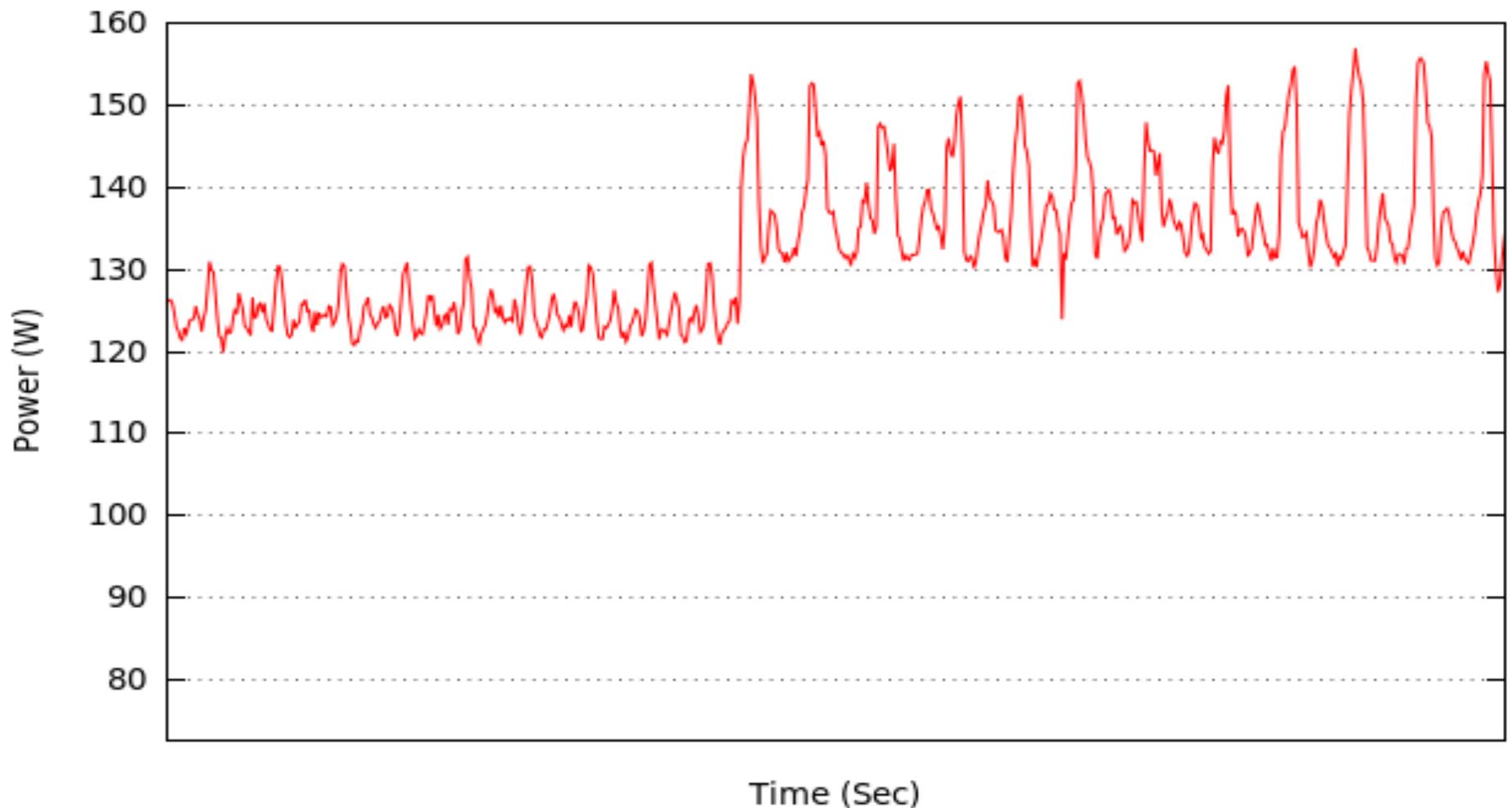
# Ejemplo: corriente y tensión



# Ejemplo: potencia instantánea



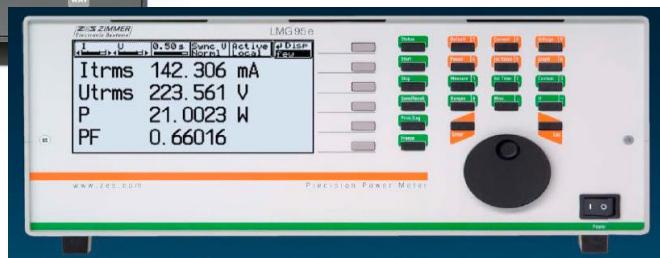
## Ejemplo: potencia real o activa



# Medidores de potencia: características a considerar

- **Rango de potencia:** adecuado para la máquina que se quiere medir.
- **Precisión.**
- **Soporte USB:** para descarga de muestras y posterior procesamiento.
- **Frecuencia de muestreo:**
  - Ráfagas: utilizan memoria interna para almacenar temporalmente las muestras a alta frecuencia. ¿Cuántas muestras puede almacenar?
  - Sostenida.

# Medidores de potencia



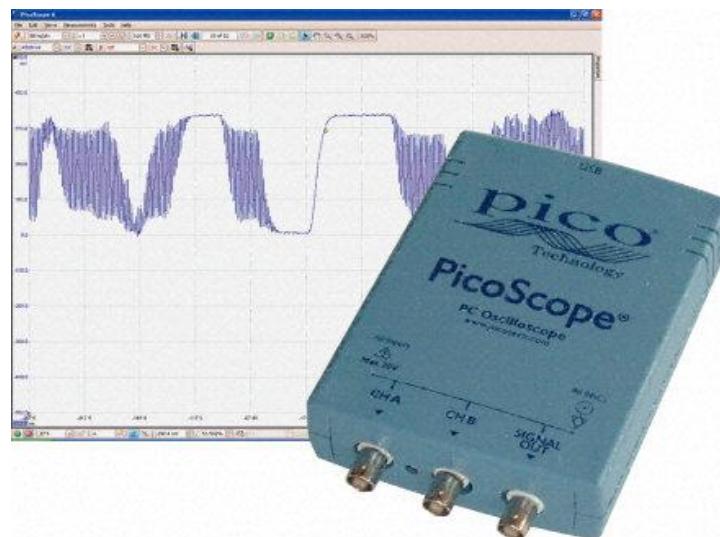
Normalmente  
no cumplen los  
requerimientos

## Power Meter/Analyser

## Medidor de energía hogareño

## Osciloscopio

Opción útil y de  
costo intermedio.



# Osciloscopio: sonda de tensión y pinza de corriente

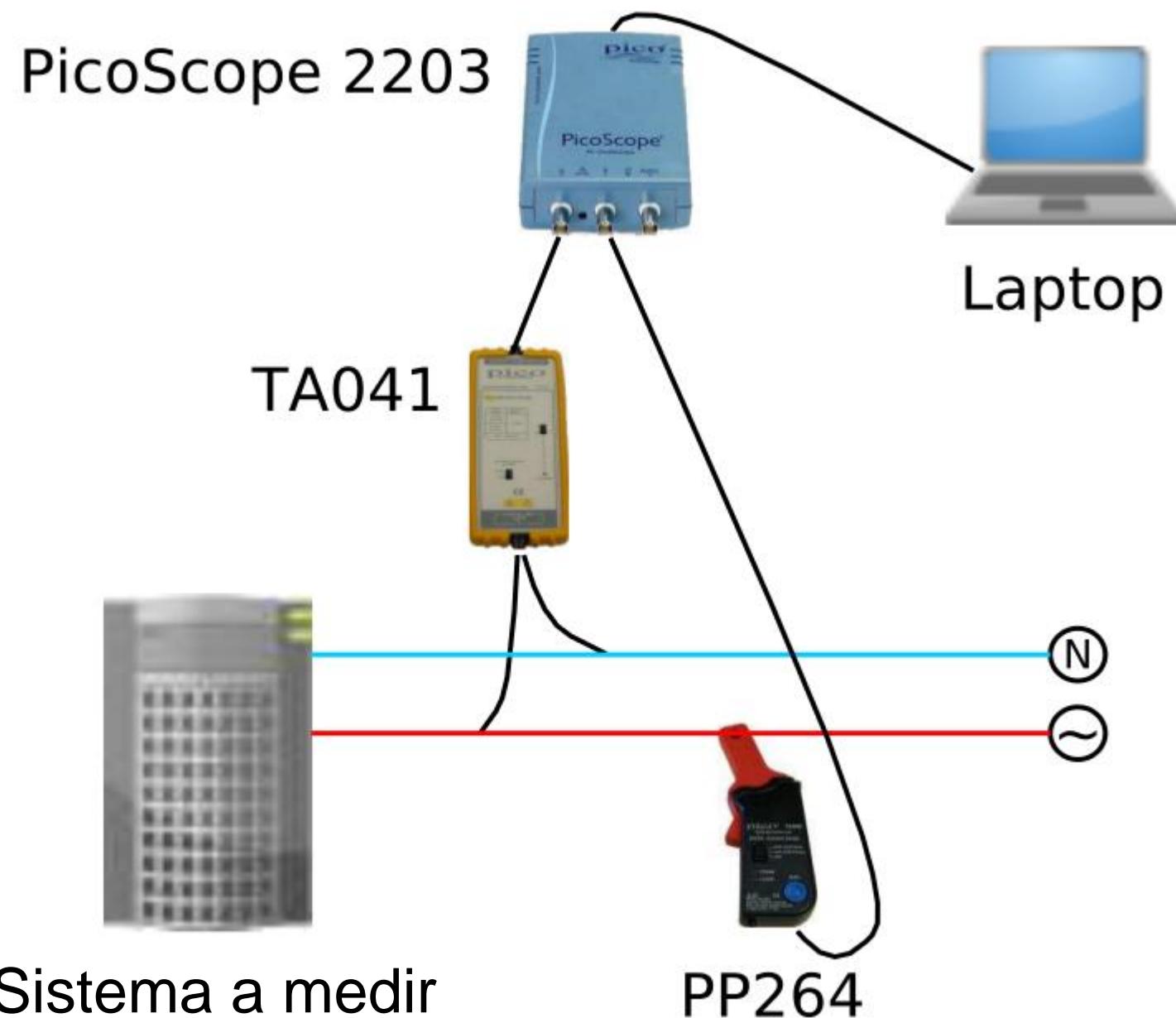
TA041 active differential oscilloscope probe



PP264: 60 A AC/DC Current Clamp (BNC)



# Osciloscopio: diagrama de conexión



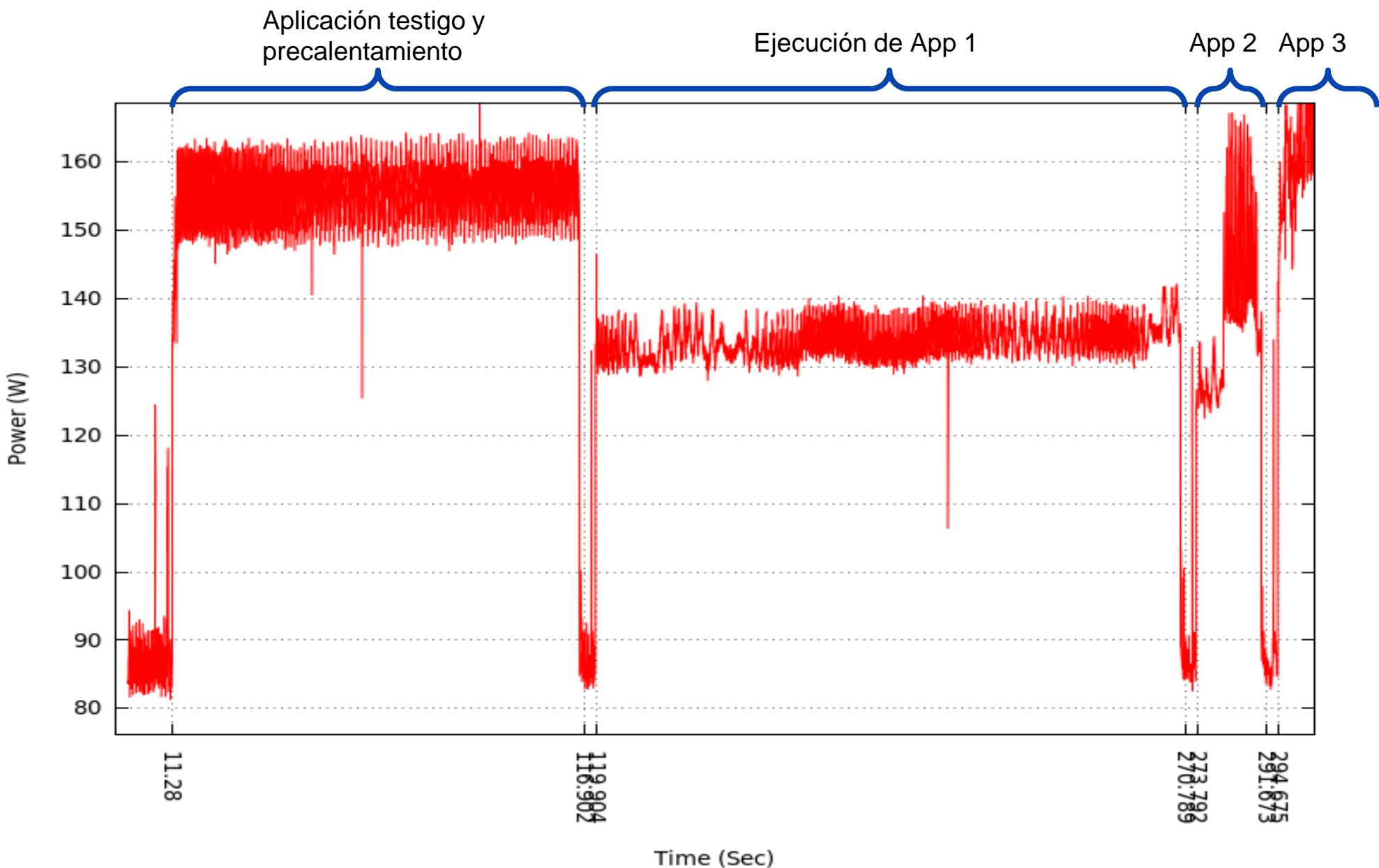
# Osciloscopio: ejemplo de muestras obtenidas

Tiempo ms	Corriente mV*100	Tensión v/100			
0	78,26	2,7293	20	78,26	2,7293
1	69,27	2,8188	21	71,07	2,8188
2	62,08	2,8188	22	62,08	2,8188
3	53,10	2,8188	23	54,89	2,8188
4	8,15	2,1926	24	6,36	2,1926
5	-15,20	1,2085	25	-13,40	1,2085
6	-18,80	0,2692	26	-17,00	0,2692
7	-17,00	-0,5805	27	-17,00	-0,5805
8	-18,80	-1,4302			
9	-31,38	-2,2802			
10	-76,31	-2,7721		Corriente: 100mv/Amp	
11	-69,12	-2,8169		Tensión: /100	
12	-61,93	-2,8169			
13	-54,74	-2,8169			
14	-8,01	-2,1908			
15	15,34	-1,2067		P (Watts) = I (Amperes) * T (Volts)	
16	20,74	-0,2673			
17	18,94	0,5823			
18	18,94	1,4322			
19	33,32	2,2820			

# Metodología de medición

- **Precalentar la máquina** inmediatamente antes de los experimentos.
- **Registrar mediciones de potencia** (posiblemente tensión e intensidad) **y tiempos** (de inicio y fin) **de la ejecución** de la aplicación objeto de estudio.
- **Sincronizar eventos** de la curva de potencia con eventos del sistema de cómputo (tiempos de inicio y fin de la ejecución):
  - Método de aplicación testigo: aumenta bruscamente la potencia para facilitar su detección y permitir la sincronización con el tiempo de ejecución.
- **Procesar resultados** usando herramientas específicas para elevado número de muestras.

# AnalyseEnergy: herramienta para analizar potencia



# Modelos de potencia

Un modelo de potencia permite inferir la potencia para una dada computadora a partir de ciertas variables relacionadas al uso de los componentes de la arquitectura del sistema (contadores de rendimiento).

# Modelos de potencia: uso de contadores de rendimiento

- Los contadores de rendimiento **son registros del procesador**.
- Estos registros **se pueden programar para contar el número de veces que un evento ocurre** dentro del procesador durante la ejecución de una aplicación.
- Los eventos proveen información sobre diferentes aspectos de la ejecución de un programa:
  - Instrucciones ejecutadas
  - Número de Fallos de caché L1
  - Número de operaciones en punto flotante ejecutadas
  - etc.

# **Modelo de potencia: metodología típica para su construcción**

- **Determinar las variables del modelo:** se buscan los eventos de rendimiento que mejor describen la actividad de cada componente arquitectural:
  - Selección de variables.
  - Recolección de datos.
  - Correlación.
- **Formulación del modelo:**

Modelo de regresión: normalmente es apropiado un modelo de regresión lineal múltiple. Es un método matemático que modela la relación entre una variable dependiente Y, las variables independientes Xi y un término aleatorio  $\varepsilon$ . Este modelo puede ser expresado como:

$$y_i = \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i$$
- **Validación del modelo**

# GRACIAS