

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-practico

Definiciones

Energía y Potencia

Energía (E)

Capacidad para realizar un trabajo.

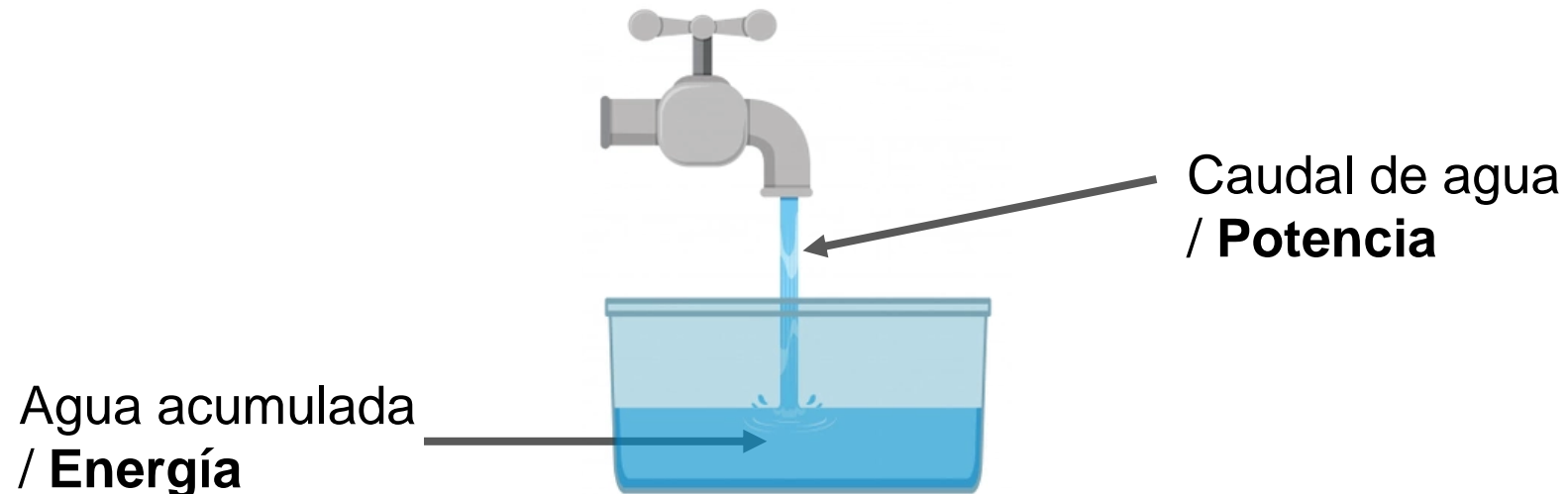
Unidad: **julio** o **joule** (J)

Potencia (P)

Cantidad de energía transferida por unidad de tiempo.

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

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



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

x

Time

= Energy Consumption



100 Watt

X



1 Hour

=

$$\begin{aligned} & \frac{1 \text{ seg}}{3.600 \text{ seg}} \quad \frac{100 \text{ Joules}}{360.000 \text{ Joules}} \\ & 360.000 \text{ J} = 100 \text{ Wh} \end{aligned}$$



10 x 100 Watts
1,000 Watts

X



1 Hour

=

$$\begin{aligned} & \frac{1 \text{ seg}}{3.600 \text{ seg}} \quad \frac{1.000 \text{ Joules}}{3.600.000 \text{ Joules}} \\ & 3.600.000 \text{ J} = 1.000 \text{ Wh} = 1 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Potencia y energía

Power

x

Time = Energy Consumption



100 Watt

x



10 Hours

=

1,000
Watt-hours

or 1 kWh



10 x 100 Watts
1,000 Watts

x



1 Hour

=

1,000
Watt-hours

or 1 kWh

Power Plant

0,1 kW

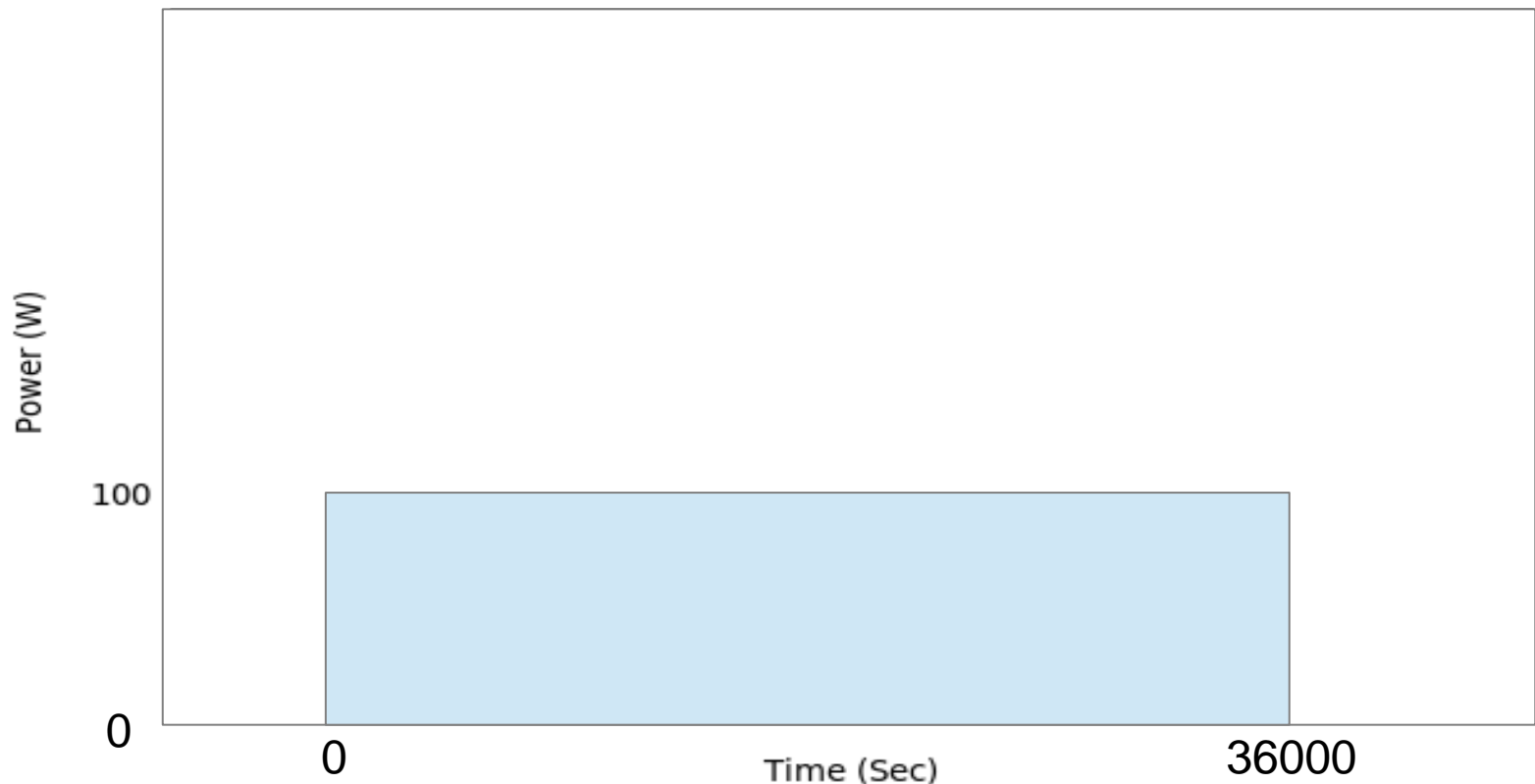


1 kW

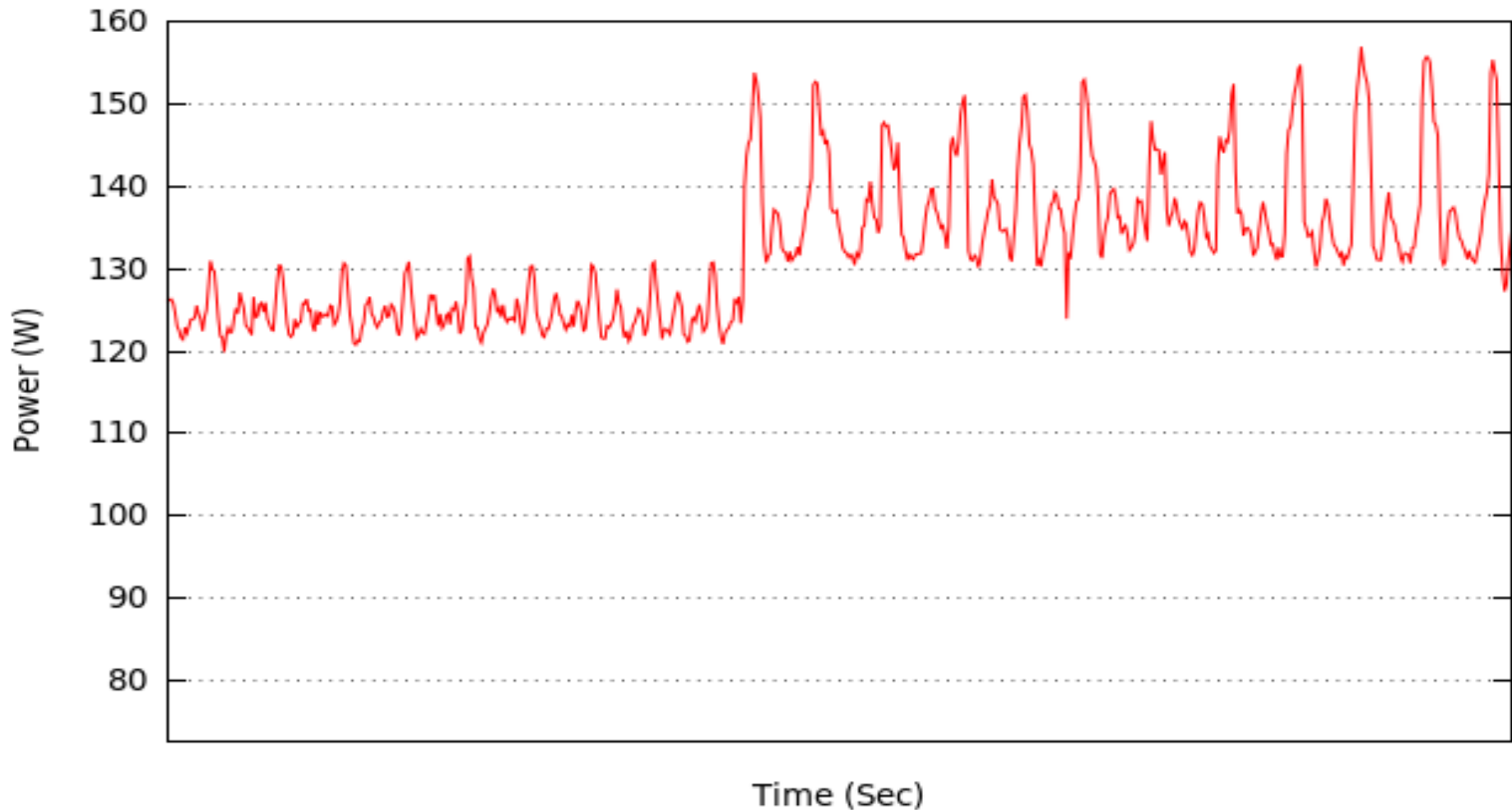


Potencia y energía

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 x tiempo de ejecución de la tarea

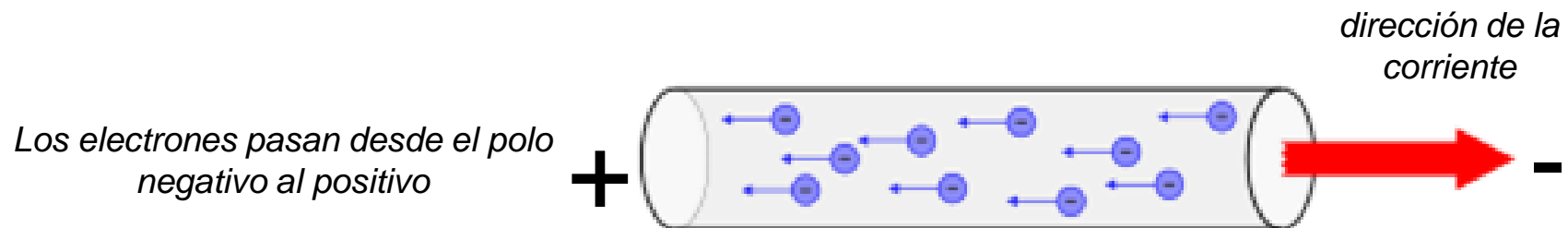
¿Cómo se calcula la Potencia?

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

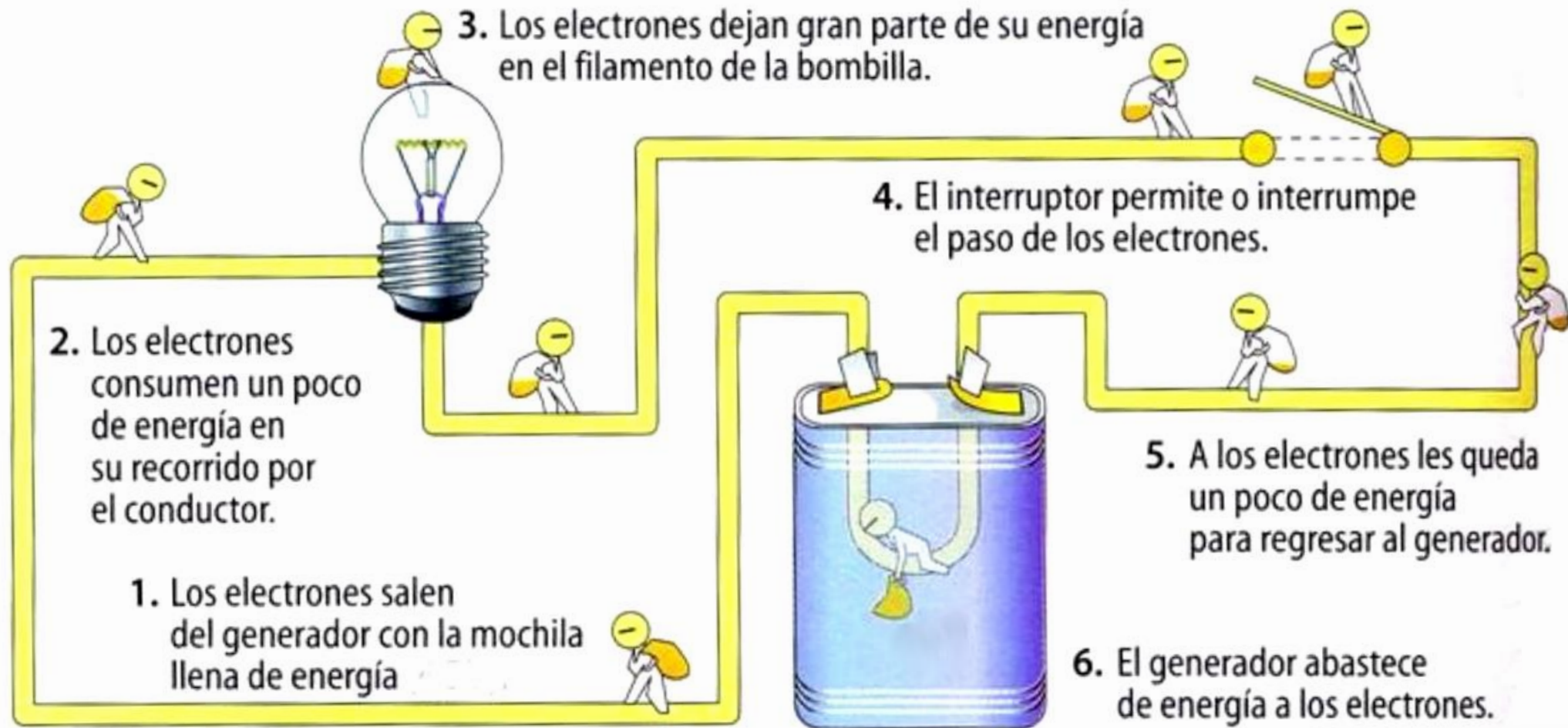
Electrones libres

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)**:

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

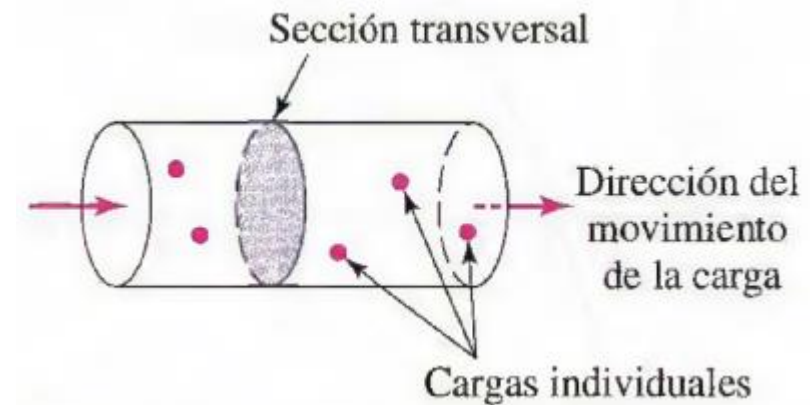
- *Joule (J) es la unidad de **energía***
- *Culombio (C) es la unidad de **carga eléctrica***

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:

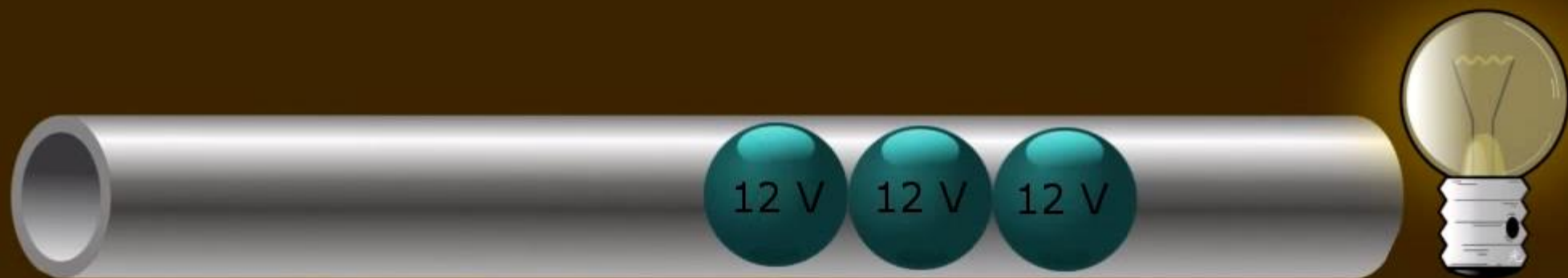
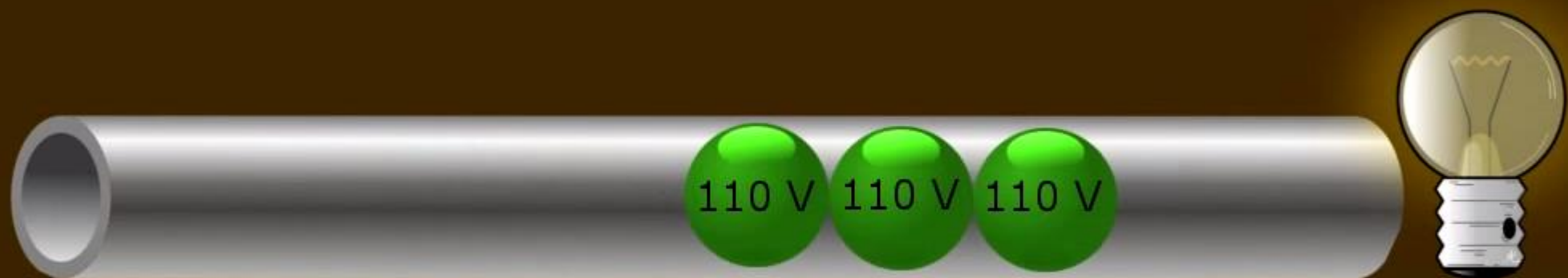
$$P = \text{Tensión (V)} \times \text{Intensidad (I)}$$

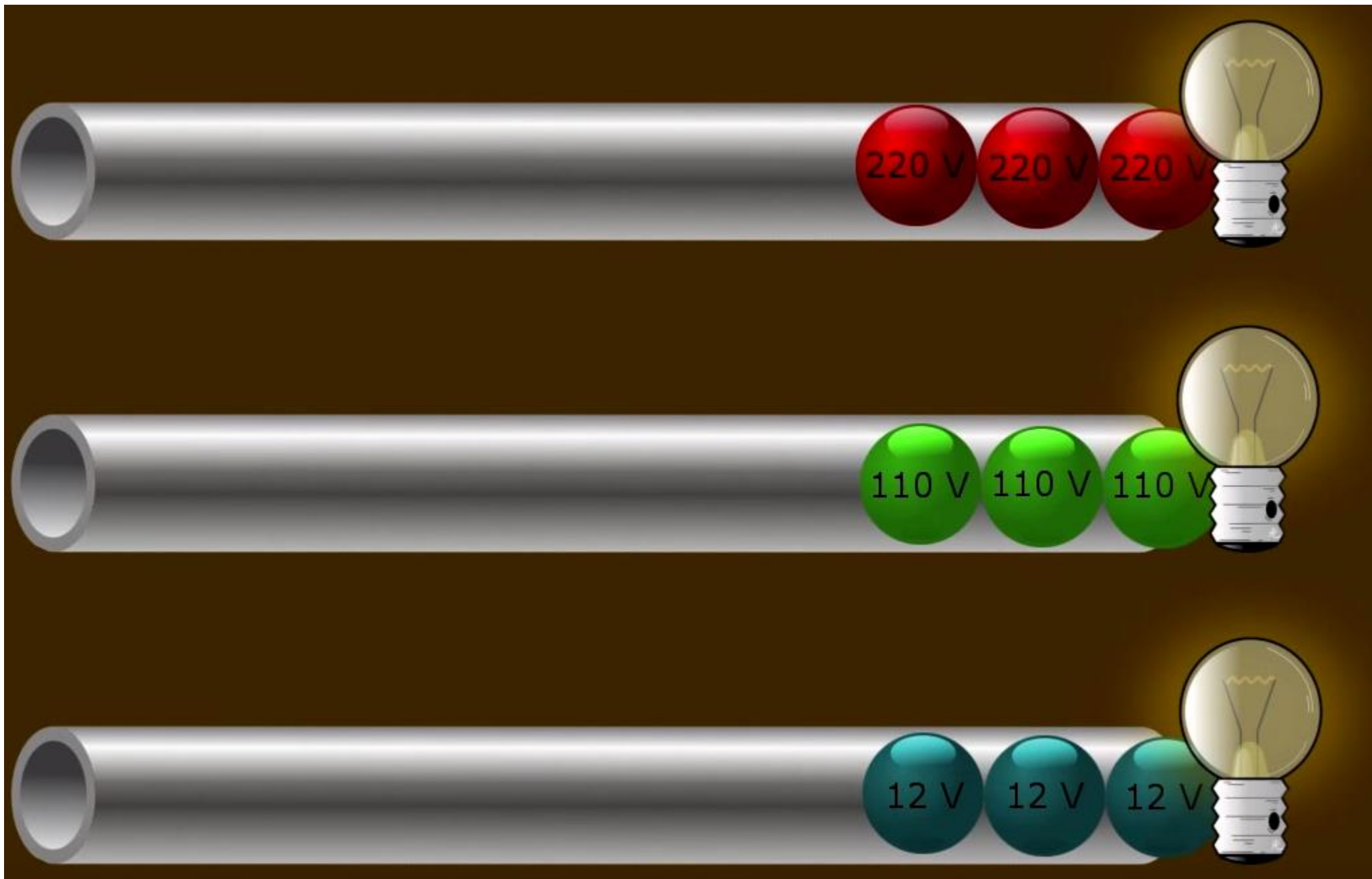
$$P = \frac{\text{Joules}}{\cancel{\text{Culombio}}} \times \frac{\cancel{\text{Culombios}}}{\text{Segundo}} = \frac{\text{Joules}}{\text{Segundo}} = W$$

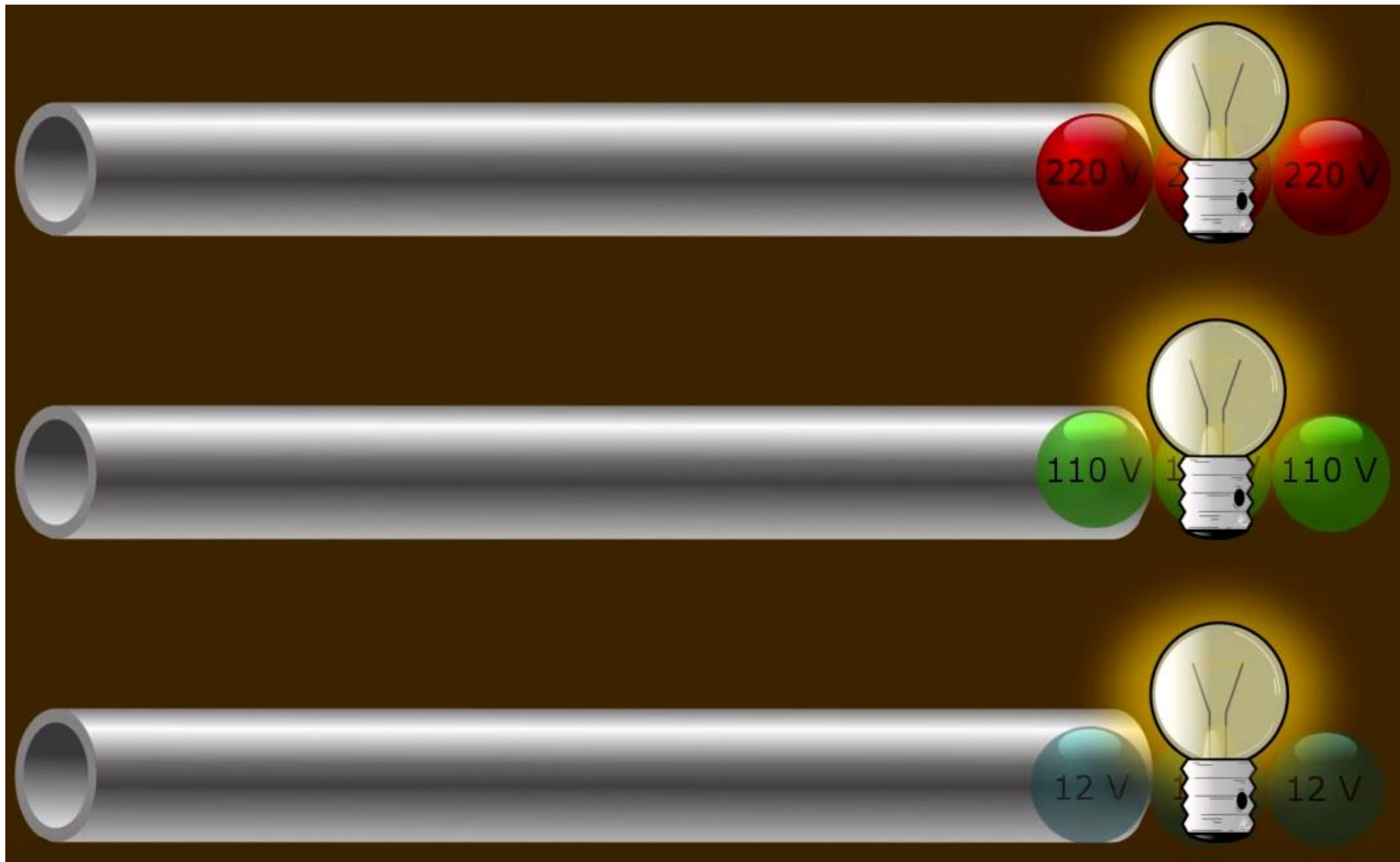
Si la potencia resulta negativa, entonces el material suministra energía



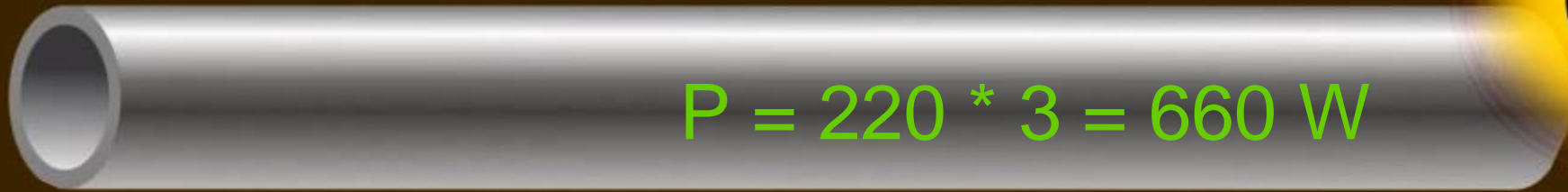




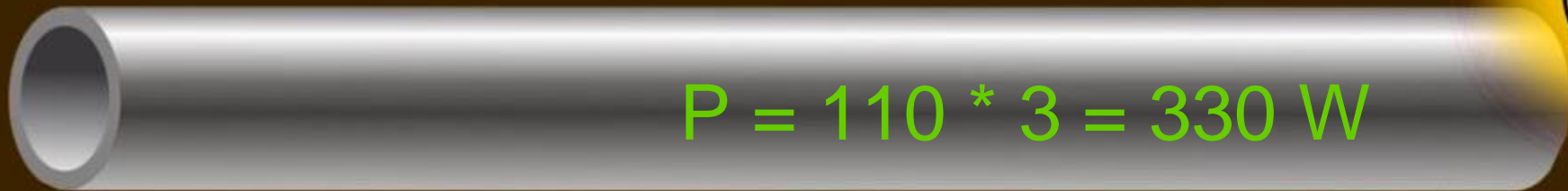




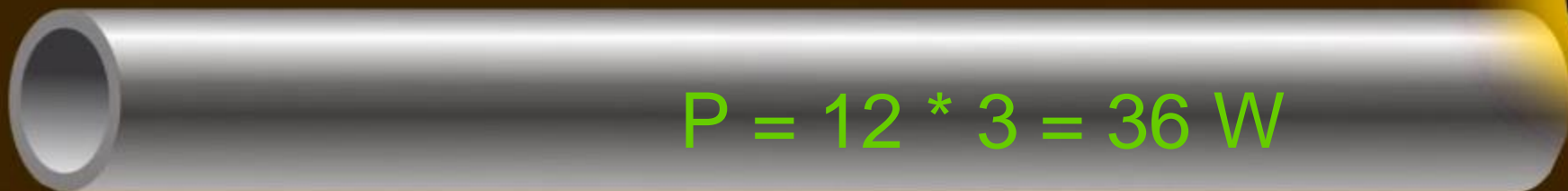




$$P = 220 * 3 = 660 \text{ W}$$



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



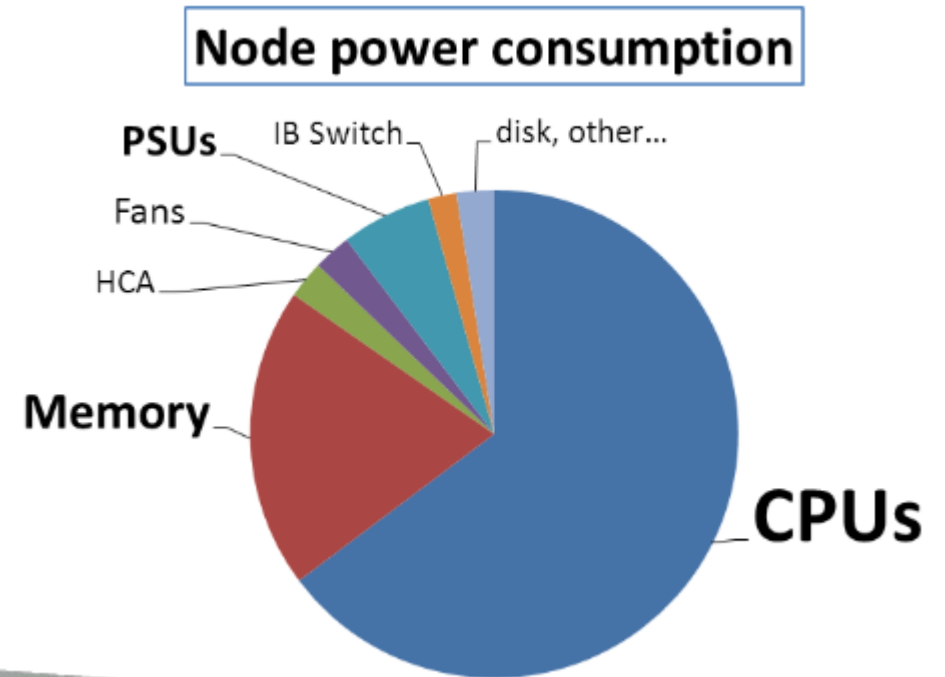
$$P = 12 * 3 = 36 \text{ W}$$

¿Qué medir?

Sistema completo



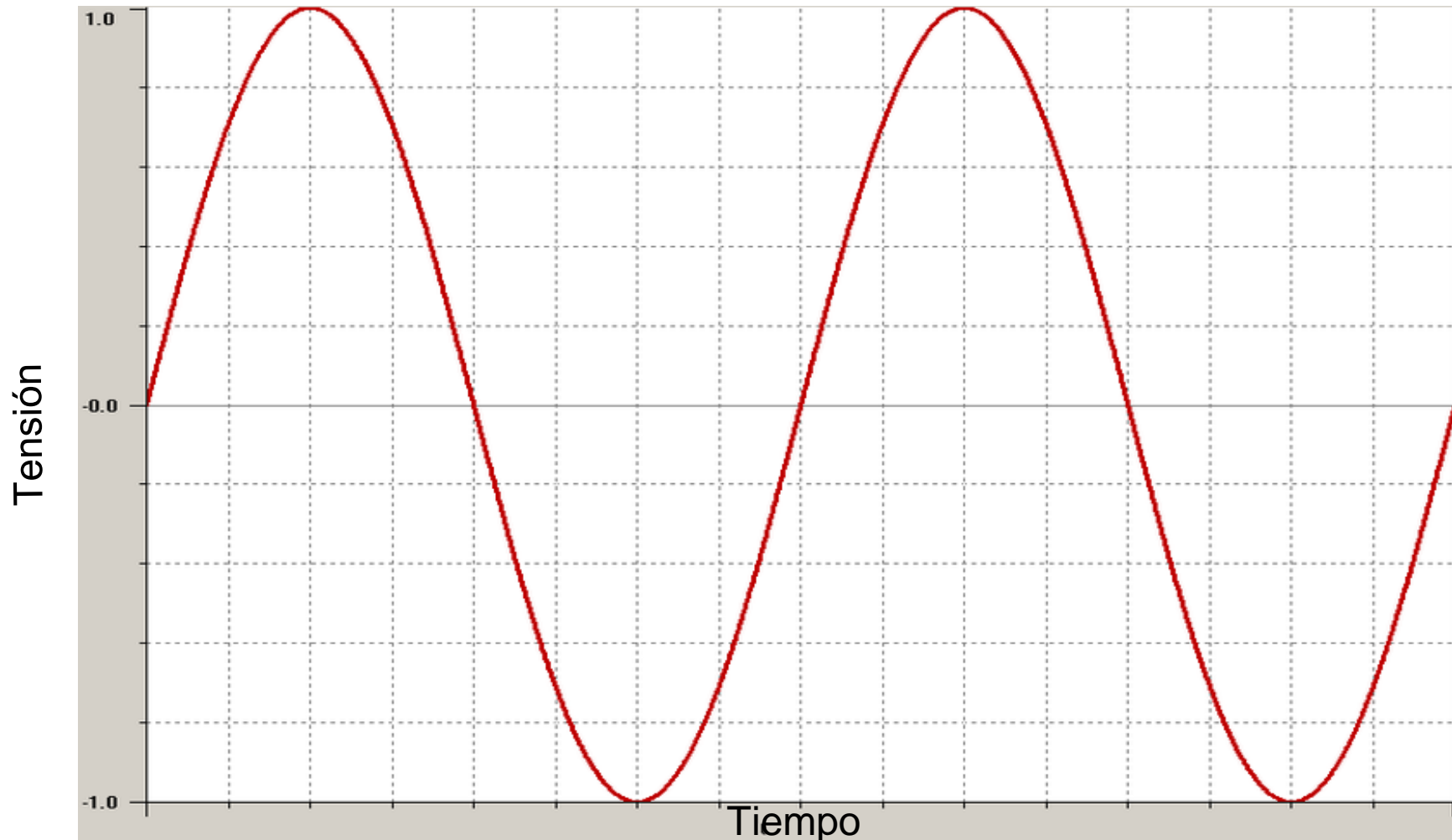
Sus partes



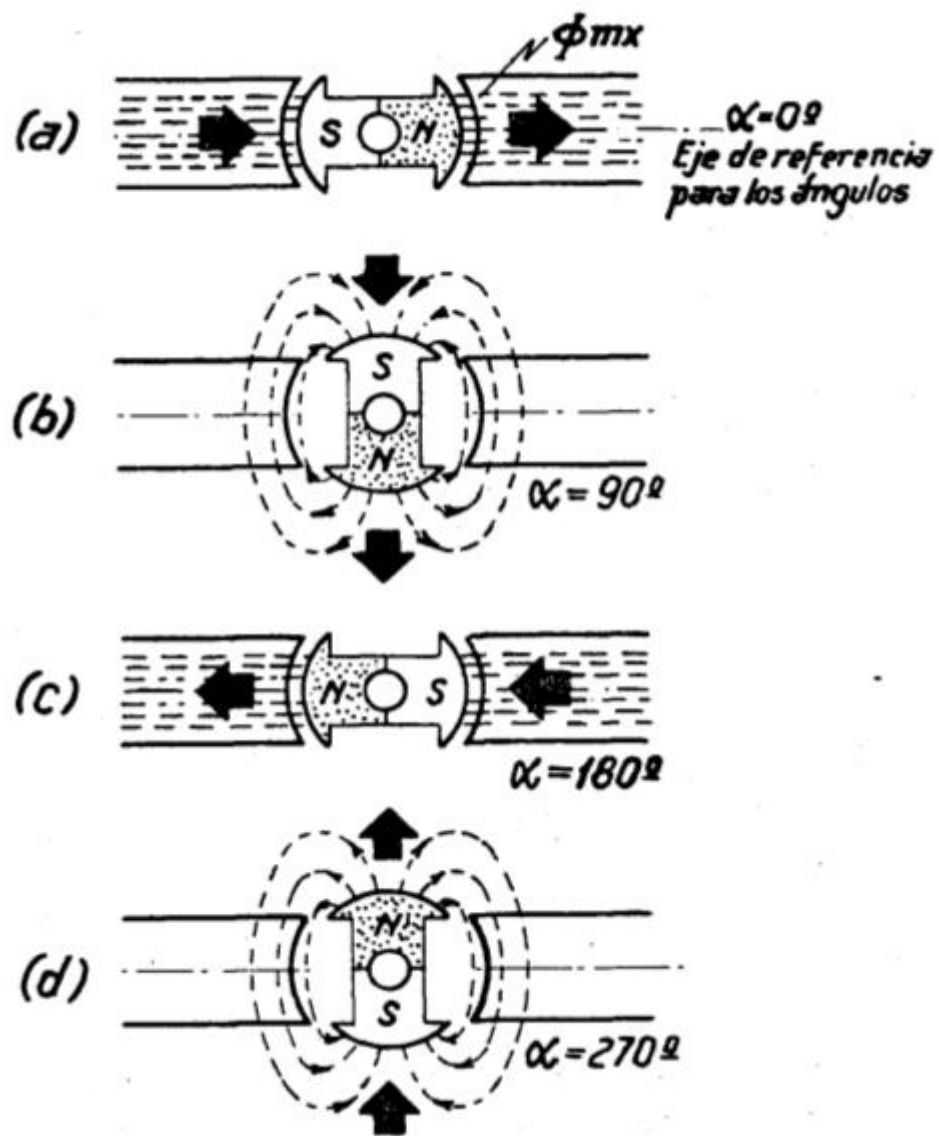
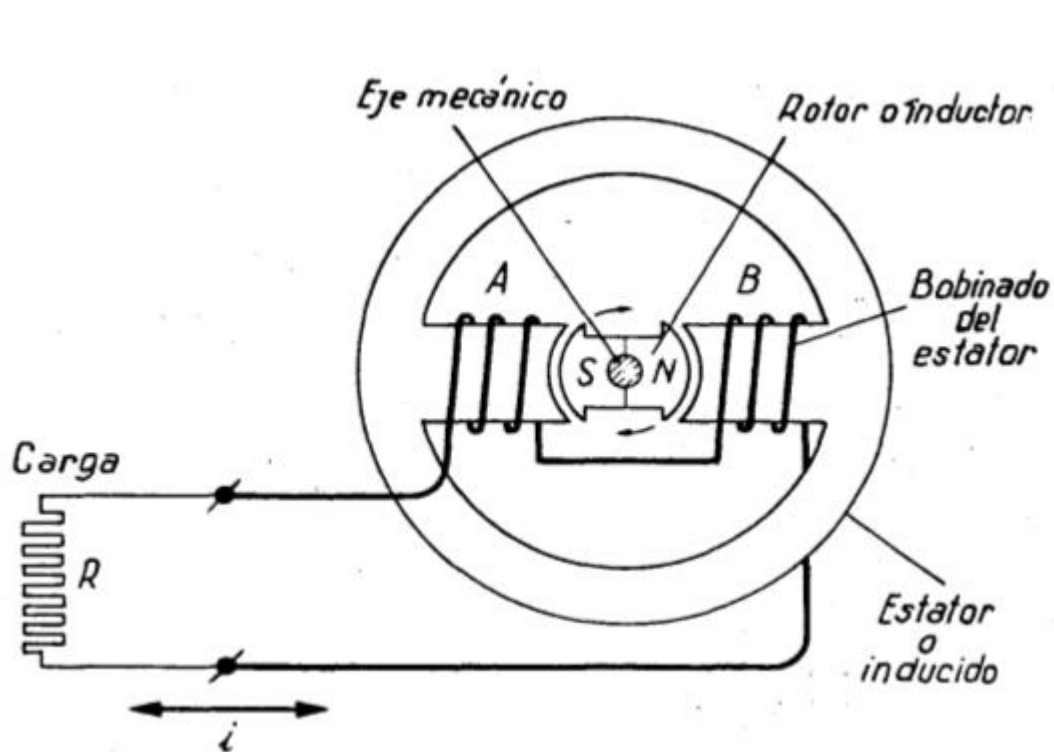
Análisis de Potencia en CORRIENTE ALTERNA

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



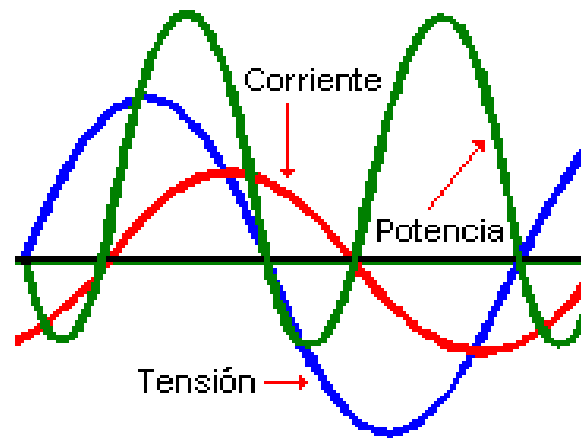
¿Por qué corriente alterna?

<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:

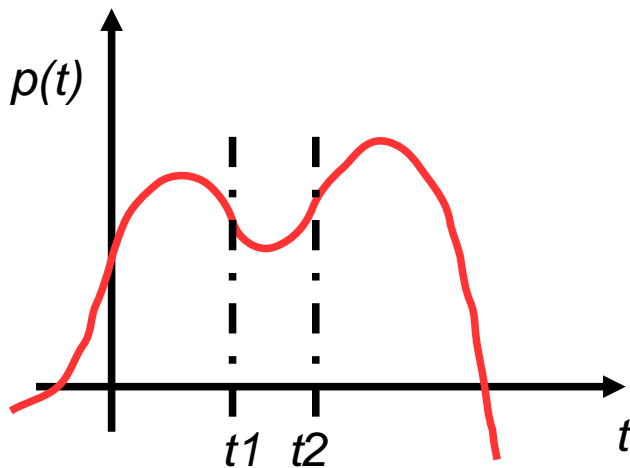
$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$



- **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.



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

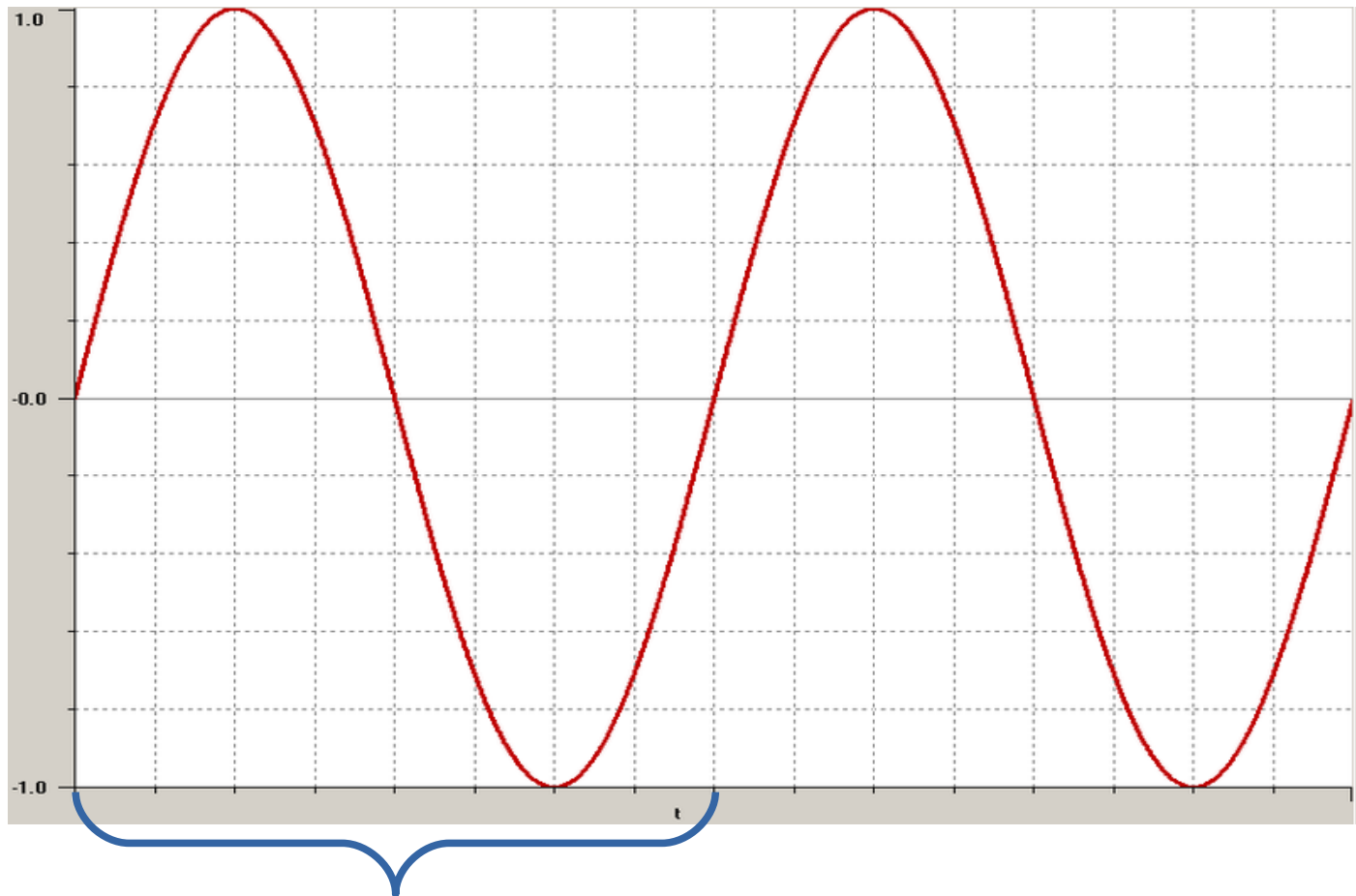
Potencia real o activa

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

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

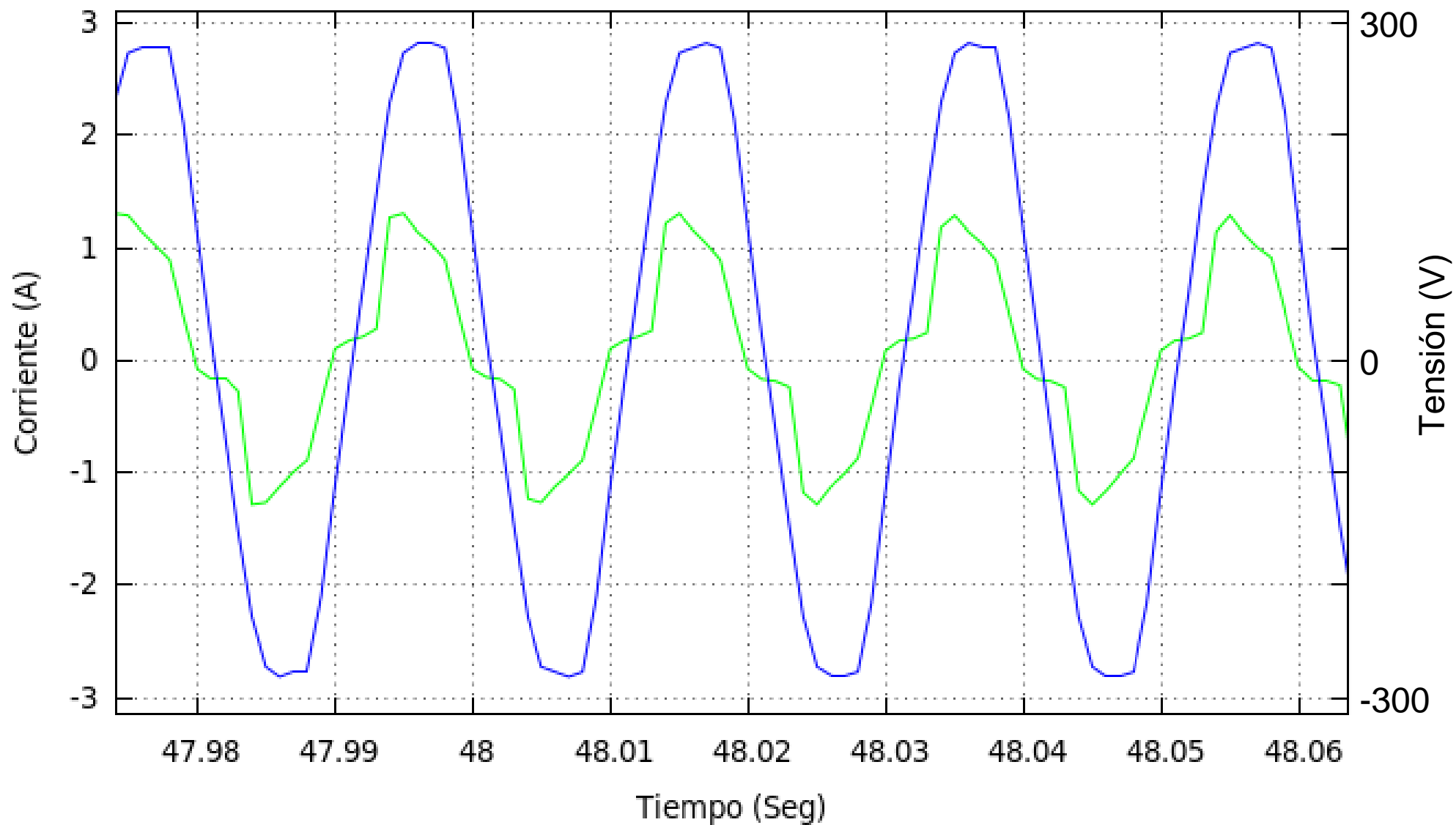
Argentina

Tensión sinusoidal
Frecuencia: 50Hz
Magnitud: 220 V

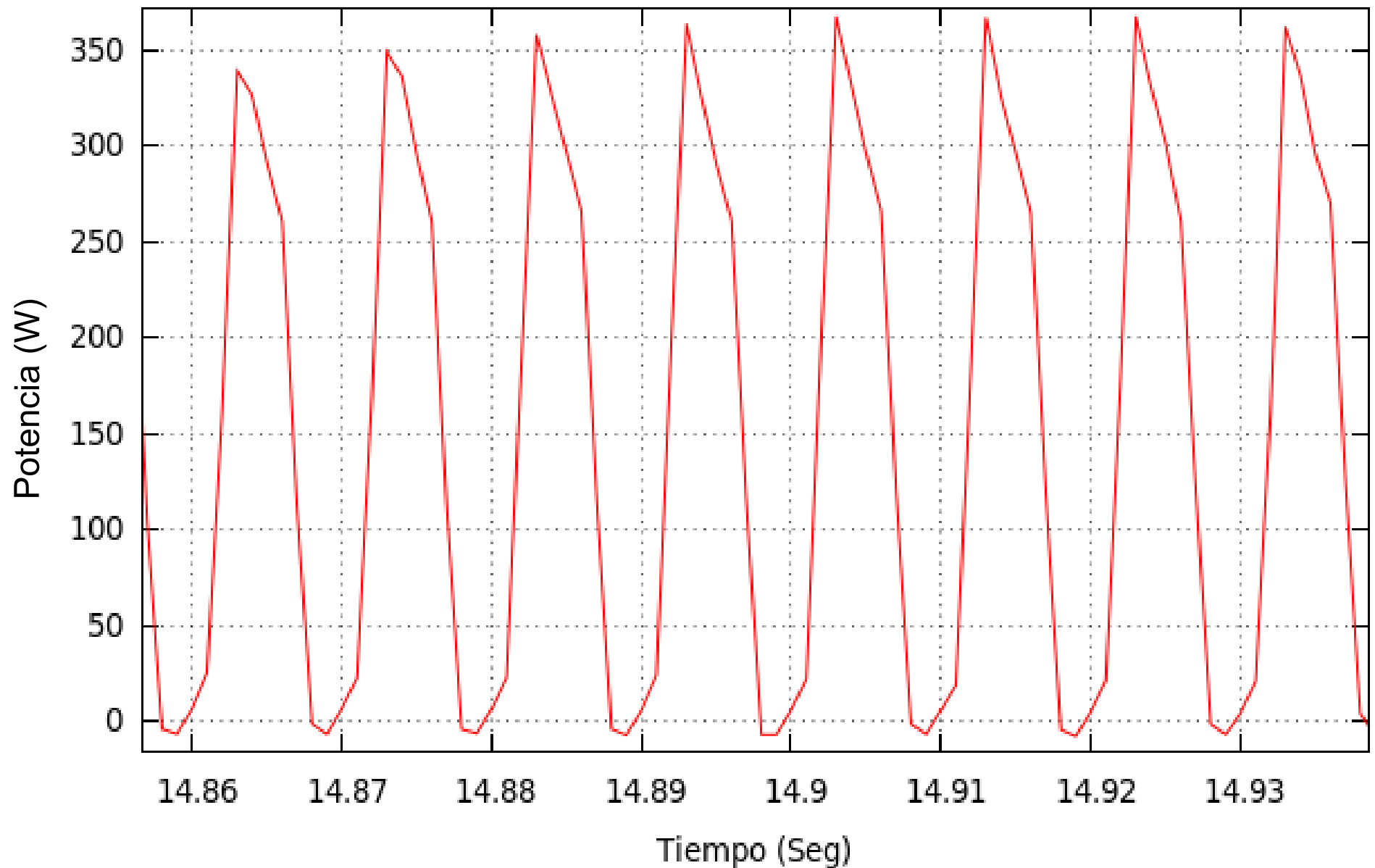


$$50 \text{ Hz} \rightarrow T = 1/50 \text{ seg} = 0,02 \text{ seg} = 20 \text{ ms}$$

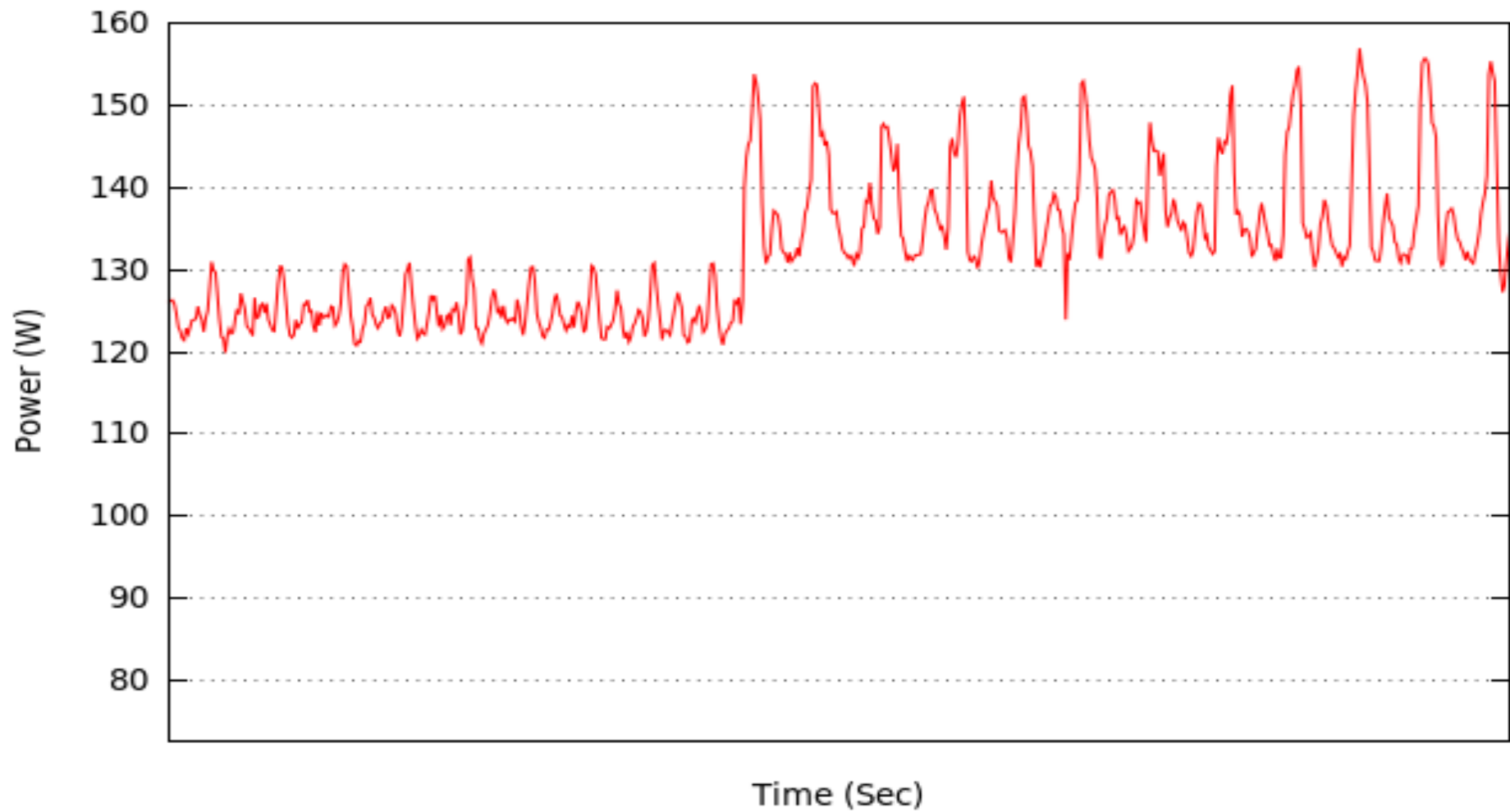
Ejemplo: corriente y tensión



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



Power Meter/Analyser

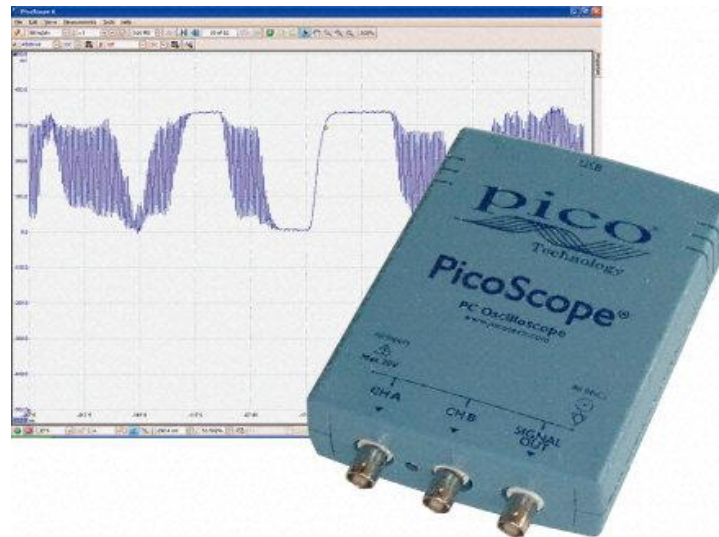


Normalmente
no cumplen los
requerimientos

Medidor de energía hogareño

Osciloscopio

Opción útil y de
costo intermedio.



Osciloscopio: sonda de tensión y pinza de corriente

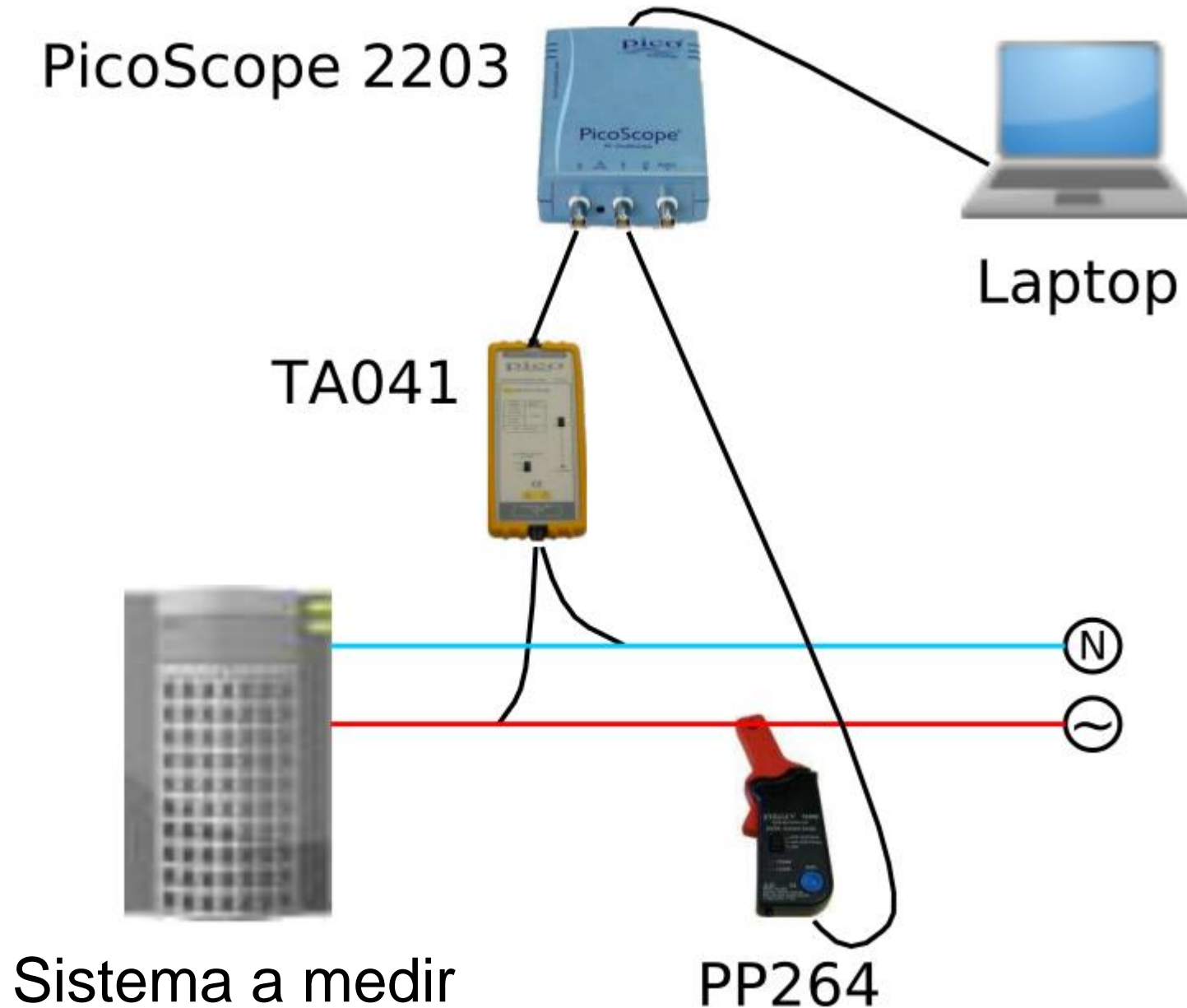
TA041 active differential oscilloscope probe



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



Osciloscopio: diagrama de conexión



Osciloscopio: ejemplo de muestras obtenidas

Tiempo	Corriente	Tensión			
ms	mV*100	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			
11	-69,12	-2,8169			
12	-61,93	-2,8169			
13	-54,74	-2,8169			
14	-8,01	-2,1908			
15	15,34	-1,2067			
16	20,74	-0,2673			
17	18,94	0,5823			
18	18,94	1,4322			
19	33,32	2,2820			

Corriente: 100mv/Amp

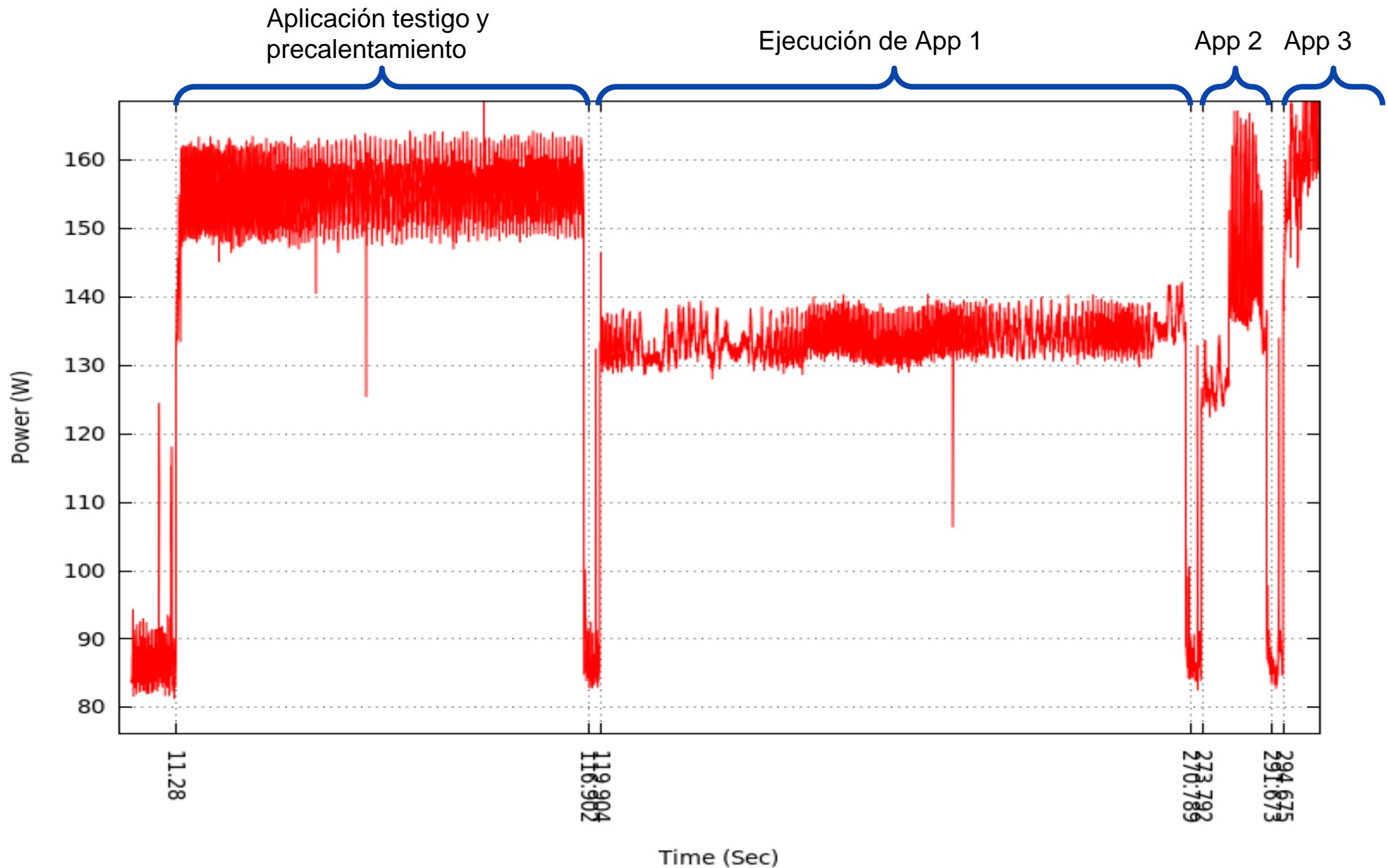
Tensión: /100

$$P \text{ (Watts)} = I \text{ (Amperes)} * T \text{ (Volts)}$$

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 X_i y un término aleatorio ϵ . Este modelo puede ser expresado como:

$$y_i = \beta_1 x_{i1} + \cdots + \beta_p x_{ip} + \epsilon_i$$

- **Validación del modelo**

GRACIAS