

Clase 04

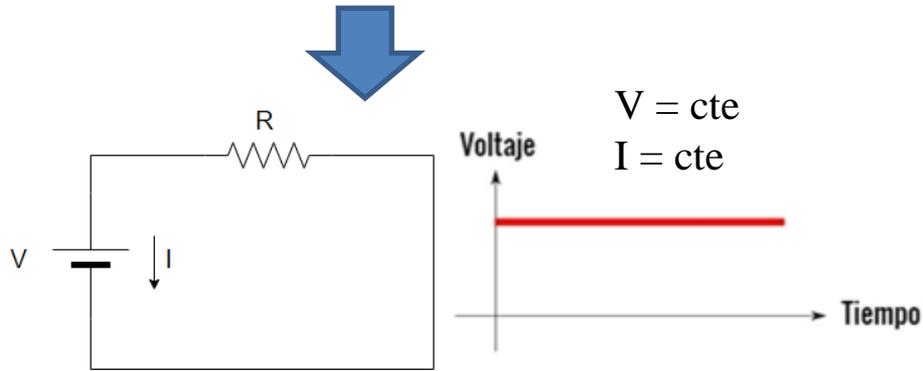
Ley de Inducción de Faraday

Laboratorio de física 2 para químicos

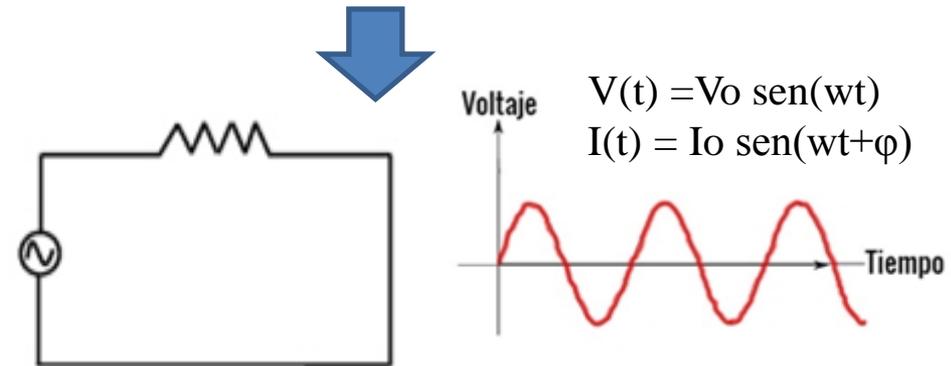
1) Explicación teórica

Circuitos en alterna

➤ En las clases anteriores se trabajó con voltajes continuos.



➤ Pero en la gran mayoría de los aparatos eléctricos que se usan en la industria y el hogar la fuente *no son una batería, sino una estación generadora* de electricidad.



➤ Esa estación produce energía eléctrica convirtiendo otras formas de energía (ej: energía potencial gravitacional en una planta hidroeléctrica ó energía química en una planta termoeléctrica que consume carbón o petróleo, etc.) ¿cómo se realiza esta conversión de la energía? ¿Cuál es el fenómeno físico?



Inducción electromagnética

1) Explicación teórica

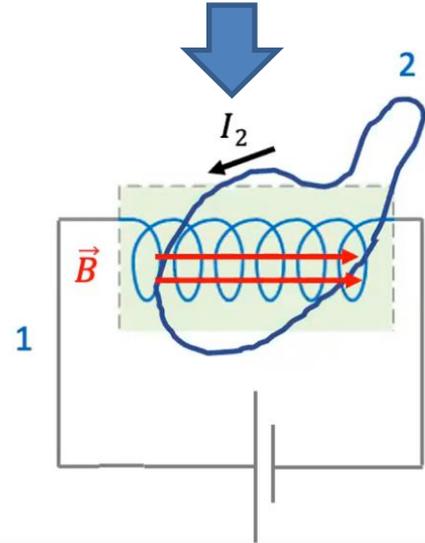
Nuevo concepto: FEM inducida

- En un circuito eléctrico debe haber un dispositivo que actúe como lo hace, por ejemplo, una bomba hidráulica en una fuente para poder llevar una carga donde hay menos energía potencial hacia donde hay más.
- La dirección de la corriente en ese dispositivo es del potencial más bajo al más alto, exactamente lo opuesto de lo que ocurre en un conductor ordinario.
- Esa “influencia” que hace que la corriente fluya del potencial menor al mayor se llama **fuerza electromotriz (fem)**. Éste es un término inadecuado porque la fem **no es una fuerza**, sino una **cantidad de energía** por unidad de carga, como el potencial.
- La unidad del SI de la fem (que se denota ϵ) es la misma que la del potencial, el volt ($1V = 1 J/C$).
- Algunos ejemplos de fuentes de fem son las baterías, los generadores eléctricos, las celdas solares, los termopares y las celdas de combustible.
- Todos estos dispositivos convierten energía de alguna forma (mecánica, química, térmica, etc.) en energía potencial eléctrica y la transfieren al circuito al que está conectado el dispositivo.
- **En resumen:** se requiere una fuerza electromotriz (fem) para que una corriente fluya por un circuito.

1) Explicación teórica

Ley de inducción de Faraday:

“La fem inducida en una espira cerrada es igual al negativo de la tasa de cambio del flujo magnético a través de la espira con respecto al tiempo.”



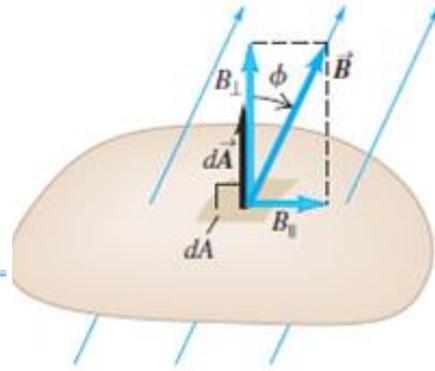
$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

➤ Donde el flujo magnético está dado por:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA \cos \phi$$

➤ Y se calcula como:

Flujo magnético a través de un elemento de área $d\vec{A}$:
 $d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{A} = B_{\perp} dA = B dA \cos \phi$.



- O dicho de otra manera, si el flujo magnético a través de un circuito cambia, se inducen una fem, y por lo tanto, una corriente en el circuito.
- El sentido de la corriente inducida se opone a la variación de flujo magnético que la ha producido (ley de Lenz).

1) Explicación teórica

Ley de inducción de Faraday

En resumen:

- La inducción electromagnética nos dice que un campo magnético que varía en el tiempo actúa como fuente de campo eléctrico. También un campo eléctrico que varía con el tiempo actúa como fuente de un campo magnético (**Ecuaciones de Maxwell**).
- Dispositivos de conversión de energía eléctrica: los motores, generadores y transformadores

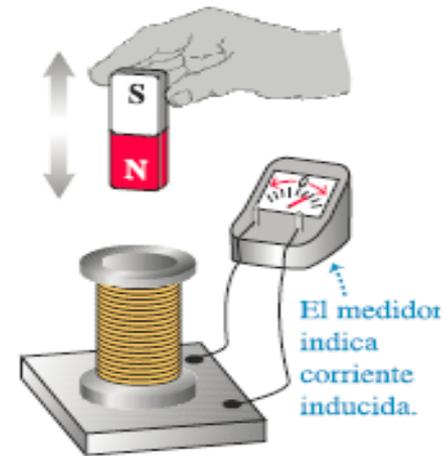
Experimento simple para demostración de Ley de inducción de Faraday

a) Un imán fijo NO induce una corriente en una bobina.



Si induce corriente

b) Mover el imán acercándolo o alejándolo de la bobina.



2) Objetivos de la práctica

➤ El objetivo de esta guía consiste en **estudiar la fuerza electromotriz inducida** (fem) en tres arreglos experimentales distintos:

- a) **Inducción entre una bobina y un imán permanente**
- b) **Inducción entre dos bobinas**
- c) **Transformador**

➤ Como vamos a utilizar circuitos en alterna se van a necesitar instrumentos de medición nuevos: **generador de funciones y osciloscopio.**

3) Instrumentos de medición:

Generador de funciones



Salida con conector BNC



Control de amplitud

Escalas de frecuencias
 Rango f: 0.2 Hz a 2 MHz.

-Un **generador de señales**, de **funciones** o de formas de onda es un dispositivo electrónico de laboratorio que genera patrones de señales periódicas o no periódicas tanto analógicas como digitales.

-Estas ondas pueden ser sinusoidales, cuadradas y triangulares, además de crear señales TTL (transistor-transistor logic).

-Estas señales se producen con diferentes frecuencias.

-Ej: función de onda senoidal: $V(t) = V_0 \sin(\omega t + \phi)$.

-Se puede programar barridos (variedad de formas de onda a través de un ancho rango de frecuencias).

[https://www.ecured.cu/Generador de Funciones](https://www.ecured.cu/Generador_de_Funciones)



Conector BNC

3) Instrumentos de medición:

Osciloscopio



- Se utiliza para medir señales de voltaje con el tiempo (voltímetro), entre otras funciones.
- La pantalla del osciloscopio está dividida en escalas horizontal y vertical.
- El tiempo se muestra de izquierda a derecha en la escala horizontal.
- El voltaje se muestra empezando en cero al centro de la pantalla en la escala vertical, con valores positivos hacia arriba, y valores negativos hacia abajo.

- La escala horizontal se mide en segundos por división (s/div): ms/div, μ s/div, o ns/div.
- La escala vertical se mide en volts por división (V/div): mV/div o μ V/div.
- Estas escalas se pueden ajustar.
- Posee dos canales para poder medir en simultáneo (cables BNC en una punta y con otra punta según se necesite).

Tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=2U-mR62OVUg>

Página: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/osciloscopio/>

3) Instrumentos de medición: Osciloscopio

Tutorial en vivo del uso del osciloscopio:

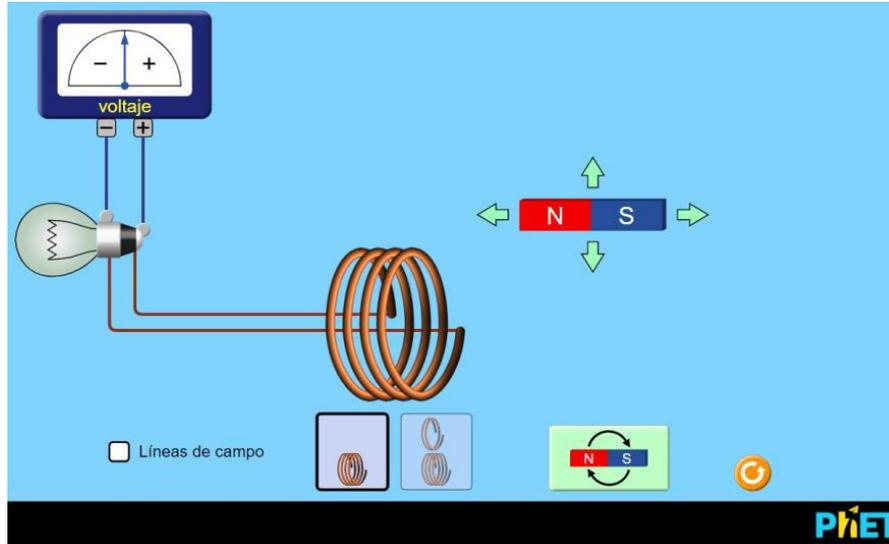
<https://academo.org/demos/virtual-oscilloscope/>

<https://www.oszilloskope.net/en/oscilloscope/>

4) Arreglo experimental:

a) Inducción entre una bobina y un imán permanente

-¿Que sucede cuando el campo magnético generado por un imán permanente varía dentro de una bobina, por ejemplo, cuando uno acerca o mueve un imán?



Usar el simulador:

https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_es.html

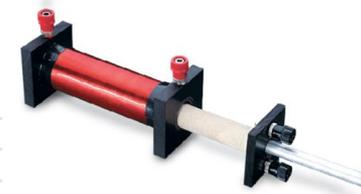
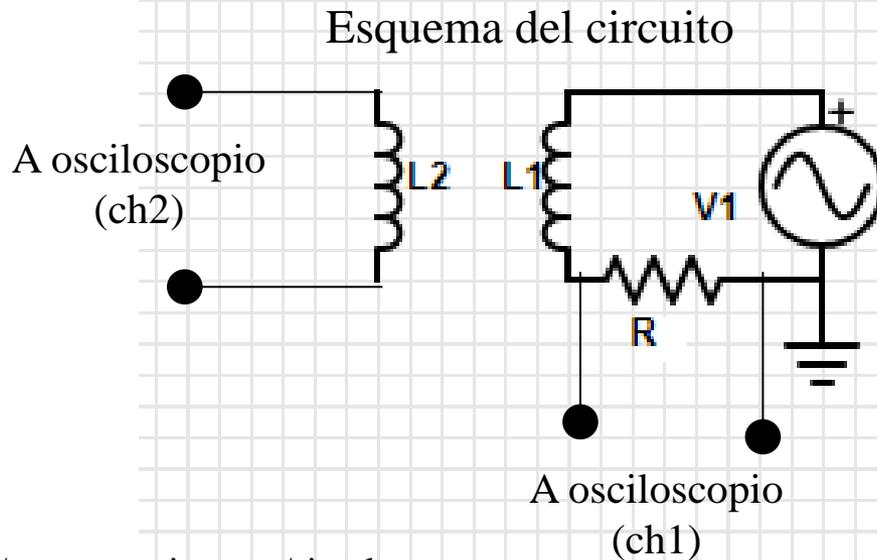
➤ Piense como estudiar de forma **cualitativa** la respuesta del sistema al introducir el imán permanente dentro de la bobina en diferentes sentidos y a diferentes velocidades.

➤ Explique los resultados que observa.

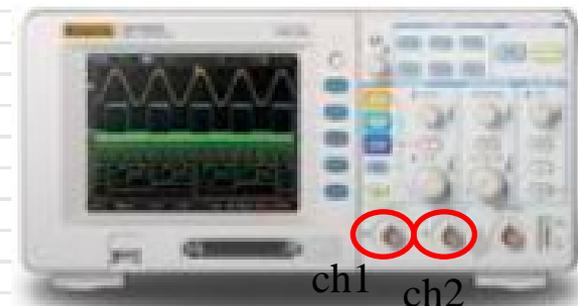
4) Arreglo experimental:

b) Inducción entre dos bobinas: circuito

- Se tiene una bobina L1 con un número N1 de espiras (circuito **primario**) conectada a un generador de funciones a través de una resistencia R ($50 \Omega < R < 500 \Omega$).
- Esta R tiene la función de limitar la corriente que circula por la bobina (se debe evitar conectar cualquier fuente de tensión a elementos de poca impedancia, ej: $R < 50 \Omega$) y permite medir el ΔV_R y por lo tanto, la I que circula por el circuito primario (con el canal 1 del osciloscopio).
- Luego, se tiene una segunda bobina L2, con N2 espiras (circuito **secundario**) conectada al canal 2 del osciloscopio.
- Las bobinas son concéntricas (L2 dentro de L1).



Osciloscopio



<https://www.partsim.com/simulator>

4) Arreglo experimental:

b) Inducción entre dos bobinas: ¿Qué medimos?

- Se coloca el secundario dentro del primario, de modo que el campo magnético del primario entre dentro el secundario y se aplica una tensión sinusoidal: $V_p(t) = V_p \sin(\omega t + \phi)$
- Graficar V_s vs ω ¿Cómo puede explicar el comportamiento observado entre las magnitudes?

Datos: **InduccionActividad1.txt** (no hace falta ajustar)

- Graficar V_s vs V_p ¿Qué información se puede obtener del ajuste de la curva? Datos:

InduccionActividad2.txt

- Se repite la experiencia colocando un **núcleo de hierro** en el interior de las bobinas. Graficar V_p vs V_s ¿Qué información se puede obtener del ajuste de la curva? Comparar con los resultados de la Actividad 2. Datos: **InduccionActividad3.txt** (Puede graficar ambos conjunto de datos juntos)
- Aplicación de señal triangular . Graficar ambas señales en función del tiempo (V_p vs t y V_s vs t). ¿Cómo explica el comportamiento observado? Datos: **InduccionActividad4.txt**

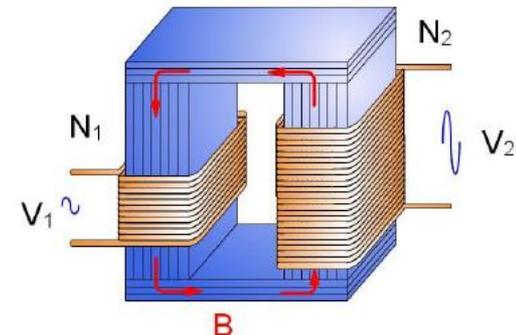
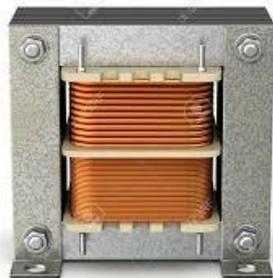
Observaciones:

- 1) Con el generador se mide f (ciclos por unidad de tiempo) pero se pide graficar en función de ω (**relación $f = \omega/2\pi$**).
- 2) Las tierras del generador de funciones y del osciloscopio deben coincidir (¿por que?). Respuesta al final de la clase.
- 3) Las bobinas reales tienen resistencias internas intrínsecas (dado por el bobinado de los cables), por lo que se debe medir a priori y tener en cuenta en el circuito.

4) Arreglo experimental:

c) Transformador

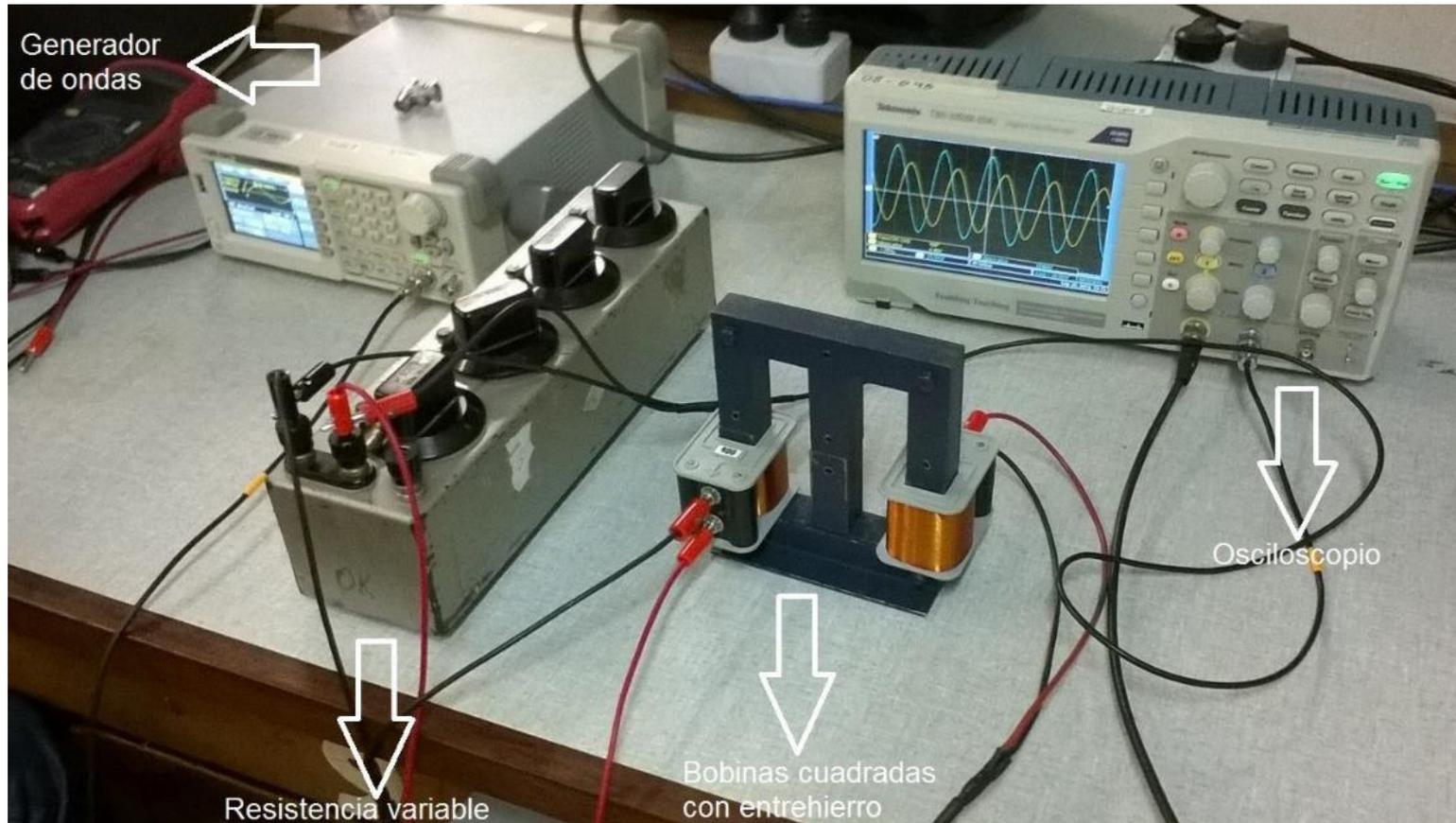
- El dispositivo formado por dos bobinas o espiras que comparten sus flujos se conoce como *transformador*.
- Para estudiar su comportamiento, cargar este circuito en el applet: <https://www.falstad.com/circuit/> (Ejemplos de circuitos/Otros circuitos pasivos/Transformadores/transformador)
- Editando las bobinas con el núcleo en el esquema se puede cambiar tanto la inductancia como el *RATIO entre ellas*.
- Un valor de 1 significa que la cantidad de espiras $N_{\text{primario}} = N_{\text{secundario}}$, mientras que un ratio de 0.1 significa que $N_{\text{primario}} = 10 N_{\text{secundario}}$.
- Cambiando el valor del RATIO y obtener valores de la caída de tensión en el secundario. Usar ratio $0.1 < \text{Ratio} < 1$.
- Realizar un gráfico de $V_{\text{secundario}}/V_{\text{primario}}$ en función del valor del *RATIO* (*recordar que $\text{RATIO} = N_{\text{secundario}} / N_{\text{primario}}$*).



4) Arreglo experimental:

c) Transformador

Esquema del circuito en el laboratorio:



Pausa

Volvemos en 10 min

Armado de salas de trabajo con Zoom en grupos de 2 personas

Subir figuras a:

https://docs.google.com/document/d/11vU5Leh3zzCjoXrt3tSwvFJkZpgy0Zp4TdUWmX6_RV4/edit?usp=sharing

Trabajo en salas por 1 hora

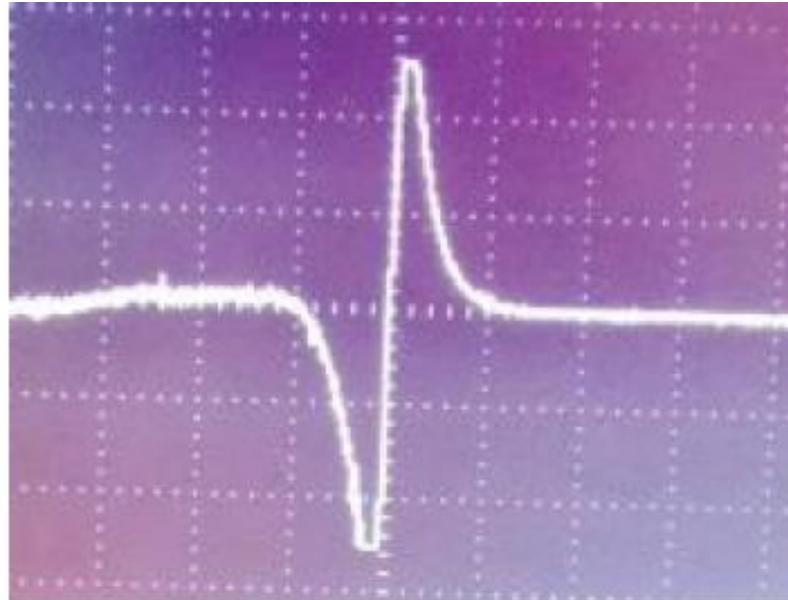
5) Resultados y análisis

a) Imán por bobina

-Al introducir el imán rápidamente en el interior de la bobina en el sentido N-S, se induce una fem de signo negativo y si se retira rápidamente el imán una fem de signo positivo.

-¿Por qué? Porque al introducir el imán en el sentido del campo magnético de este tiene sentido opuesto a las líneas de campo magnético de la bobina, y que al retirarlo, el sentido de las líneas de campo magnético de ambos es en la misma dirección

En el osciloscopio se vería así:



5) Resultados y análisis

b) Inducción entre dos bobinas

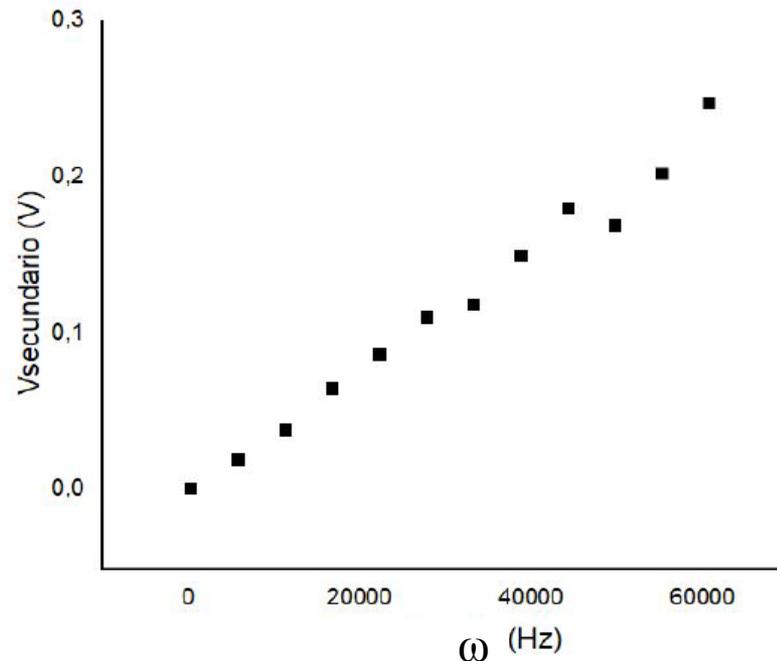
1) Graficar V_s vs ω

$$V_s = \varepsilon_{\text{inducida}} = -\partial\Phi_B/\partial t \propto \partial B/\partial t \propto \partial I/\partial t$$



Dada la proporcionalidad se puede decir que hay una tendencia lineal entre V_s y la frecuencia.

$$I(t) = (V_R/R) * \text{sen}(\omega t + \varphi) \Rightarrow \partial I/\partial t \propto \omega \quad (\text{para } \omega \text{ bajos})$$



No ajustar!
Alcanza con ver la
tendencia lineal

5) Resultados y análisis

b) Inducción entre dos bobinas

2) Para una f fija graficar V_s vs V_p → Idem razonamiento anterior

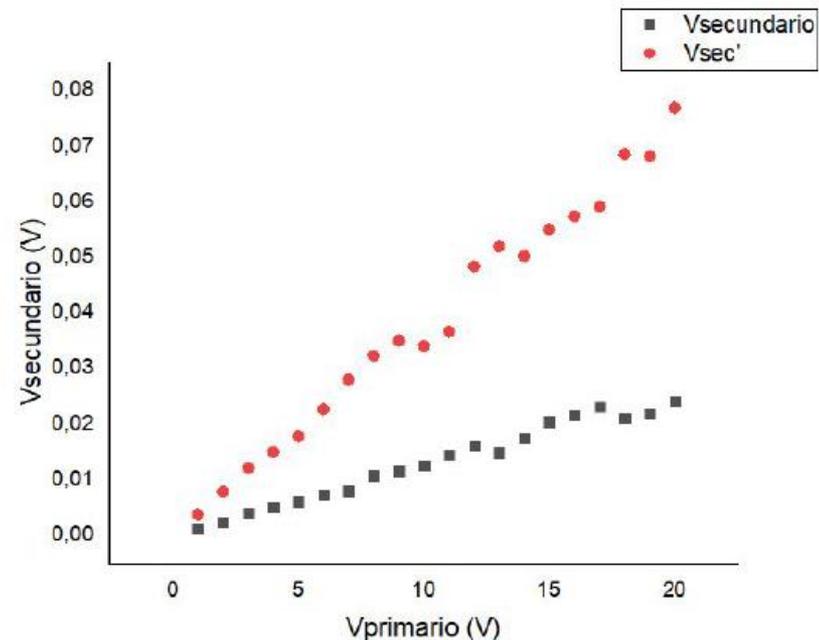
Aclaración: $V_p = (Z_R + Z_L(\omega))I$

3) Idem anterior con un núcleo de hierro. →



- Graficar V_s vs V_p de las dos mediciones en un mismo gráfico.
- También se puede hacer el cociente de las pendientes.

Mejora la señal dado que el material ferromagnético concatena las líneas de campo magnético y evita pérdidas de flujo en el circuito.

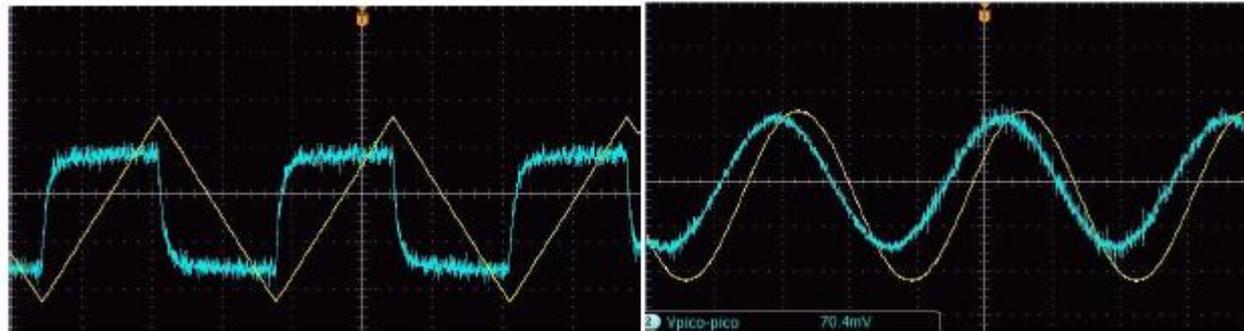


5) Resultados y análisis

4) Gráfico V_p y V_s vs t .

Al aplicar una señal triangular, la señal del secundario es una cuadrada (señal derivada, justificar con la ley de Faraday).

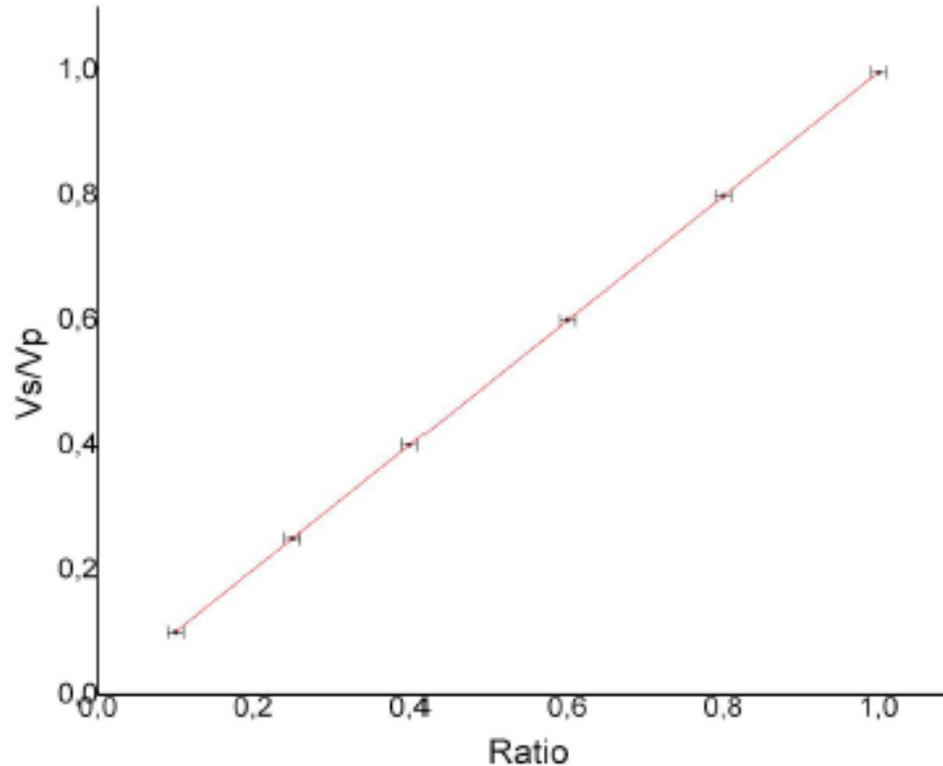
En el osciloscopio se vería así:



5) Resultados y análisis

c) Transformador

- 1) Realizar el ajuste lineal por cuadrados mínimos de V_s/V_p vs N_s/N_p .
¿Qué se puede analizar del valor obtenido en la pendiente?



5) Resultados y análisis

Problemas con las tierras

