



## Trabajo final de la práctica Docente

Andrea Torales<sup>1(a)</sup> y Ruben Rodríguez<sup>1(b)</sup>

1.-Departamento de Física, Centro Regional de Profesores del Litoral, Salto, Uruguay

(a) dandretu@gmail.com y (b) rubendavid9@gmail.com

**Tutor: Prof. José Luis Di Laccio**

Hoja en blanco

## **Agradecimientos**

Al Departamento de Física del CENUR por recibirnos y apoyarnos durante esta instancia de Formación. Al Ce.R.P del Litoral, Departamento de Física por permitirnos probar algunas de las actividades experimentales cediéndonos espacio y equipos. Al Dr. Gonzalo Abal por las sugerencias realizadas a nuestra formación durante las clases preparatorias de las actividades experimentales. A la Profesora Sofía Narbondo quien colaboró en nuestra formación en el testeado de experimentos y discusiones de los mismo. A los alumnos de Física Experimental II por su entusiasmo y dedicación en cada una de las actividades propuestas.

## Resumen

Este trabajo se enmarca en la Práctica Docente del Diploma de Especialización en Física realizada en el Departamento de Física del CENUR LN, en el curso de Física Experimental II. Aquí se presentan aportes de diferentes autores para mejorar la enseñanza de la Física, como por ejemplo, aspectos que debemos tener en cuenta para lograr un aprendizaje significativo de la Física, la importancia del trabajo en el laboratorio y las características de las guías experimentales. Luego se incluyen características generales del curso y de acuerdo al marco teórico antes mencionado, se elabora un plan de clase, y una ficha experimental de un circuito RCL que se enfoca en esta línea de pensamiento.

## ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física?

Una de las características predominantes de los docentes universitarios es su escasa formación didáctico-pedagógica, y por tanto la concepción de aprendizaje que radica detrás, es la del estudiante pasivo como un mero receptor de información. Muchos estudios muestran que cuando el alumno es pasivo la eficacia de la enseñanza y el aprendizaje se ve reducido (Hake 2004, Gil 2006). Esto ha dado lugar a diferentes investigaciones en el campo de la enseñanza y aprendizaje que consiste en cambiar el método de enseñanza puramente tradicional, por uno nuevo que permita la construcción de conceptos sólidos de forma que los estudiantes sean el centro, a partir de teorías de los procesos de aprendizaje que se basen en la investigación educativa basada en la disciplina (Wieman citado en Picquart 2007).

Para empezar a formular cambios en el sentido de propiciar aprendizajes significativos en Física, cabe citar la propuesta de Wieman (2007), que se basa en que los estudiantes piensen como “expertos”, es decir que tengan una concepción de la Física “como un todo” que se valida mediante la experimentación. Para ello propone cambios principalmente didácticos. En primer lugar, abordar las ideas previas de los estudiantes, porque que estas son persistentes y se presentan como obstáculos:

*Para superar estos razonamientos espontáneos se necesita una intervención de la enseñanza. Pero no basta llegar a yuxtaponer conocimientos escolares al sistema intuitivo sin ningún cuestionamiento. Hay que meter los alumnos en situación de explicitar estos razonamientos y situarlos con respecto a lo que se enseña. Esta toma de conciencia y esta confrontación son dos caminos personales en donde el alumno toma un papel activo en el proceso de abstracción.*

*El profesor debe estimular a sus alumnos en este camino si:*

*- él mismo tiene un conocimiento seguro del razonamiento espontáneo iniciado por tal o tal situación física,*

*- dispone de instrumentos sencillos para advertir a los estudiante. (Viennot, citado en Picquart 2007).*

La cuestión está en cómo cambiar de paradigma. Según lo que plantea Daniel Gil (1993) debe haber un cierto *isomorfismo* entre el aprendizaje e investigación considerada como la construcción de conocimiento de la sociedad científica, con el objetivo de orientar los aprendizajes abandonando la idea de paradigmas actuales; el cual debe acompañarse de un cambio metodológico, en la que se traten problemáticas de interés.

La clave estaría en definir la concepción del problema, como propuesta (Gil D. 1993, Carrascosa J. y Martínez-Torregrosa 1991)

- Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que se consideran reinantes, etc.

- ✚ Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límite de fácil interpretación física.

- ✚ Elaborar y explicitar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error.
- ✚ Buscar distintas vías de resolución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos del que se dispone.
- ✚ Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.
- ✚ Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, el de los casos límite considerados.

No se debe restar importancia al aula y principalmente porque allí se dan todas las interrelaciones personales e interpersonales; dos teorías apoyan lo antes mencionado: “teoría del conflicto socio-cognitivo interindividual”, y “la transformación de la función comunicativa en función cognitiva”.

En este sentido Daniel Gil (1993) propone favorecer en el aula un *trabajo colectivo de investigación dirigida*; en pos de confrontar y generar nuevas ideas. Esto es coherente con lo que planteamos a continuación respecto a la confrontación, la indagación y la generación de conocimiento, competencias que son características del trabajo científico.

Las metodologías que ponen en el centro al estudiante y fomentan la discusión por sobre la trasmisión de la información permiten que los aprendizajes sean duraderos. En los cursos de Física el laboratorio es un ámbito ideal para llevar adelante este tipo de propuestas, en donde el objetivo principal es realizar un énfasis en el aprendizaje.

## ¿Por qué es importante en la enseñanza de la Física el trabajo de laboratorio?

El laboratorio es una gran herramienta pedagógica, porque confronta y pone a prueba las ideas de los estudiantes, desde la exploración, la manipulación, la indagación, el descubrimiento y la curiosidad, pero además en ese transcurso, el estudiante puede comprender los procesos y métodos que la ciencia utiliza para validar sus leyes y principios. En este sentido se involucra al estudiante a una metodología característica de la ciencia, abordando temas transversales de la misma: “generar hipótesis, modelar el fenómeno de estudio, diseñar estrategias para cotejar sus hipótesis, recolectar datos de las magnitudes apropiadas, analizar y finalmente concluir e informar en diferentes formatos para compartir tanto dentro como fuera del aula.” (Calderón *et al.* 2015) Que el estudiante cometa errores y los reconozca le permite aprender de ellos, siendo esto lo habitual cuando se hace ciencia; muchas veces esas experiencias pueden ser frustrantes, lo que genera que el alumno se enfrente luego a los problemas nuevos con otros criterios y rigurosidad. En definitiva, para lograr aprendizajes duraderos debemos usar una metodología de enseñanza fundada en la investigación, que le brinde al estudiante la posibilidad de aprender a partir de sus propias experiencias, con solidez conceptual y procedimental y del trabajo colaborativo con sus pares (algo característico del trabajo científico). Estimulando la curiosidad, los nuevos desafíos y el placer por la investigación y el descubrimiento.

Los trabajos efectivos para la enseñanza mediante actividades experimentales necesitan que las propuestas sean ricas para estimular el debate y la confrontación de ideas, así como defender puntos de vista y por sobre todo fundamentar los mismos. La construcción de guías experimentales, debe reflejar nuestra intención por generar dichos procesos, tener objetivos claros de enseñanza y la suficiente flexibilidad para incorporar otros, que sean de interés y motivación para el estudiante.

## ¿Qué características deben tener las guías experimentales?

De acuerdo con la discusión que realizamos en la sección: ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física?, las guías experimentales deben incorporar preguntas movilizadoras, vinculadas con los objetivos de enseñanza que definimos previamente y que permitan conocer las ideas y dificultades previas del estudiante; de esta forma se pueden confrontar ideas y

superar obstáculos en el transcurso de la práctica. Para que esto sea así, la guía debe brindar en el desarrollo una serie de preguntas que lleven al estudiante a pensar sus respuestas y para concretar esto, el docente, según Vokos y McDermott (1998), debe tener:

- ✚ El conocimiento profundo de la disciplina y el material de enseñanza
- ✚ Conocimiento del nivel intelectual de los estudiantes.
- ✚ Habilidad de hacer preguntas apropiadas que pueden guiar al estudiante al razonamiento necesario.

Es decir que las preguntas deben estar en principio fundadas en la experiencia previa de los educadores y posteriormente refinadas a través de estudios empíricos pilotos, para luego aplicarlos en diferentes contextos y con muestras más grandes. El uso de algunos instrumentos como las preguntas de múltiple opción es excelente para conocer de forma general y rápida las ideas de un conjunto de alumnos sobre un dado tema. En cambio, si se quiere “hilar fino” es incompleto. En muchos casos las respuestas correctas van acompañadas de un razonamiento incorrecto, y por lo tanto nos encontramos con dificultades mucho más complejas que las de una respuesta incorrecta.

Para atender a las dificultades de los estudiantes, es necesario examinar cómo piensa (una forma puede ser usando el diálogo socrático, preguntar al estudiante, pero por sobre todo, escuchar sus argumentos) el estudiante y las razones de sus respuestas. Del mismo modo las fichas experimentales deben ser pensadas como una guía que busque las respuestas a las interrogantes que propone la práctica desde la indagación, el razonamiento y la toma de decisiones bien fundadas por parte del estudiante.

Muchas veces la misma guía experimental usada por dos docentes con distintos niveles académicos da resultados bien diferentes en enseñanza y aprendizaje. Una estrategia para mejorar este punto es el trabajo en equipo de los docentes. Este trabajo consiste principalmente en la coordinación, refinamiento de las guías y que los docentes más experimentados compartan y discutan las mismas con los docentes más jóvenes.

Las guías experimentales deben ser contextualizadas y atender a los objetivos específicos de enseñanza, así como a los logros de aprendizaje esperados. Todas estas discusiones brindan un marco general para realizar una propuesta de guía experimental a nivel del aula-laboratorio. En este caso se diseña una guía experimental para un curso universitario de Física Experimental II

## Características de Física experimental II

Este curso tiene asignada una carga horaria de 4 horas por práctica en el laboratorio y sólo se puede cursar de forma presencial. Existe la posibilidad de recuperar una clase de laboratorio en el semestre por inasistencia justificada. Se requieren 4 horas semanales más de dedicación por parte del estudiante para el estudio de las guías experimentales y redacción de informes.

### Experimentos que son objeto del curso:

#### 1. Medidas voltamperimétricas:

En este experimento se realizan principalmente dos actividades:

- ✚ La caracterización de una resistencia lineal
- ✚ La caracterización de una resistencia no lineal

A partir del estudio anterior se busca familiarizar al estudiante con instrumentos como el multímetro en sus diferentes opciones de medición de magnitudes eléctricas, en métodos sencillos de medidas eléctricas y los procedimientos más usuales de detección de errores sistemáticos, la disminución de los mismos y la estimación de incertidumbre asociada a ellos.

#### 2. Potencial y campo eléctrico:

El objetivo general de esta práctica es estudiar el campo eléctrico en situaciones estáticas.

De forma específica:

- ✚ Resolver la ec. de Laplace en dos dimensiones, usando métodos numéricos, con condiciones de borde similares a las de las configuraciones que se propondrán para sus estudios.
- ✚ Obtener experimentalmente el mapa de potenciales de tres configuraciones: placas paralelas, sistema pararrayo nube y sistema de placa plana y cilindro conductor.
- ✚ Para las diferentes configuraciones determinar líneas equipotenciales.
- ✚ Seleccionar para el sistema de placas paralelas al menos cinco puntos de las líneas equipotenciales y determinar campo eléctrico (valor promedio) con su incertidumbre e identificar sus características.
- ✚ Para el sistema pararrayos - nube estudiar la efectividad del pararrayos a lo largo de una circunferencia centrada en el extremo inferior de este y que pase por los bordes.

#### 3. Circuitos RC:

Los objetivos de esta práctica son:

- ✚ Manejar adecuadamente el osciloscopio para la caracterización de señales (voltajes pico a pico y frecuencias).
- ✚ Estudiar el comportamiento de un circuito RC en frecuencia para medir la capacitancia de un condensador.
- ✚ Analizar cualitativamente el comportamiento del mismo circuito al alimentarlo con una onda cuadrada.

#### 4. Campo magnético:

Objetivos

- ✚ Determinar el valor del campo magnético en el interior de un solenoide.

- ✚ Estudiar la variación del campo magnético inducido en un solenoide con la corriente que circula por el mismo.
- ✚ Estudiar la variación del campo magnético inducido en un solenoide con la densidad de espiras [vueltas/m] del mismo.
- ✚ Determinar el valor de la permeabilidad magnética del vacío ( $\mu_0$ )
- ✚ Estudiar el campo magnético generado por un par de bobinas de Helmholtz alimentadas con corriente continua.

## 5. Circuitos RCL-Resonancia:

Objetivos:

- ✚ En forma general el objetivo de esta práctica es estudiar el comportamiento de un circuito RCL en serie.

En forma específica los objetivos son:

- ✚ Determinar experimentalmente la frecuencia de resonancia.
- ✚ Encontrar las curvas de amplitud y frecuencia angular normalizadas y de fase en función de la frecuencia angular.
- ✚ Determinar experimentalmente el factor de calidad.
- ✚ Determinar experimentalmente la resistencia del inductor.

**Cursos previos:** Para cursar FE2 se exigirá el curso aprobado de FE1, el examen aprobado de Física 1 o equivalente y el curso aprobado de Física 3 o equivalente. Se recomienda conocimientos previos de cálculo diferencial e integral a nivel introductorio.

### Otras características del curso:

- ✚ El análisis de datos se realizará usando Matlab, R u Octave a elección del estudiante. Se pondrá el código fuente de los programas usados en un anexo del informe.
- ✚ Los informes se redactan en LaTeX y se entregan en formato PDF, se puede usar el template del curso para ello.

Para aprobar el curso se requiere: Asistencia a todas las actividades presenciales. Entrega de todos los informes. Alcanzar el nivel de suficiencia (50%) en todos ellos, después de una revisión. Aprobar una prueba final individual (oral y/o experimental) eliminatoria.



## Plan de clase para el laboratorio: Circuitos RCL

El objetivo general es estudiar el comportamiento de un circuito RCL. Particularmente: encontrar la frecuencia de resonancia, las curvas de amplitud de voltaje y fase normalizados, determinar el factor de calidad y su dependencia con el elemento resistivo del circuito y determinar la resistencia del inductor.

La actividad está pensada para llevarla adelante en 6 horas de clase presencial repartidas en 2 días, una jornada semanal de 3 horas, con una dedicación similar por parte del alumno fuera del aula.

La propuesta inicia con una serie de actividades previas:

- 1- Describa las características de un oscilador forzado amortiguado.
- 2- Realice una comparación entre los elementos del oscilador antes mencionado y un circuito RCL
- 3- ¿Cuáles son las condiciones de Resonancia para este tipo de sistemas?
- 4- Explica cuando es conveniente realizar un análisis fasorial en los circuitos eléctricos.

Estas preguntas están pensadas para una instancia previa a la realización del propio experimento y toma de datos. El análisis de los resultados de estas preguntas previas y la observación del docente del trabajo de los alumnos, determinará los pasos a seguir para el desarrollo de la práctica. Este análisis está pensado para favorecer el aprendizaje de los estudiantes y se discute con el colectivo de docente asignados al curso.

En el desarrollo de la clase, de trabajo experimental propiamente dicho, se realizará el análisis del comportamiento del circuito RCL alimentado por una fuente sinusoidal a partir del método fasorial y la ley de Ohm para corriente alterna. De esta manera nos centraremos en aquellas expresiones que son fundamentales para el análisis del circuito (Ec. 1, 2, 3 y 4) y evitando de esta manera extendernos en demasía en cálculos pueden desviar el centro de atención de la clase que es dedicarse a medir y discutir entre pares y con el docente (Vokos y McDermott 1998).

El método de determinación de la frecuencia de resonancia experimental del circuito consiste en medir desfasajes con el osciloscopio, por este motivo oportunamente se realiza una breve explicación de la forma de hacerlo usando las figuras de Lissajous.

Las preguntas estructurantes de la clase son:

- 1- ¿Cuál es el comportamiento de un circuito RCL, en régimen estacionario, cuando lo conectamos a una fuente del tipo  $v(t) = v_0 \cos(\omega t)$ ? ¿Cómo lo sabes?
- 2- ¿Qué significa que el circuito sea capaz de entrar en resonancia? ¿Por qué sucede? ¿Cómo podemos medirlo en el laboratorio?
- 3- ¿Qué relación existe entre nuestra actividad, el factor de calidad y el ancho de banda? ¿Cambia el factor de calidad al modificar la resistencia? ¿Cómo podemos saberlo?

### Desarrollo experimental:

En primera instancia el estudiante realizará la medición de  $C$ ,  $R$  y  $L$  utilizando el téster para calcular una frecuencia de resonancia teórica con su incertidumbre.

En segunda instancia mediante la utilización del osciloscopio y el conocimiento de las figuras de Lissajous, identifican la frecuencia de resonancia experimental.

Se comparan los resultados teóricos con los experimentales.

## **Instancia de indagación**

Como parte de la actividad se propone una instancia en la que el estudiante indague algunos aspectos que son parte de los objetivos de la práctica. La propuesta es la siguiente:

- 1- Indague sobre la importancia de graficar la amplitud del voltaje en función de frecuencias que son múltiplos de la frecuencia de resonancia. (Para comprender este punto tenga en cuenta el diagrama fasorial antes analizado)
- 2- ¿Qué es y qué importancia tiene el factor de calidad para estos circuitos?
- 3- ¿Cómo podemos variar dicho factor en la práctica?

## **Segunda clase**

En función de la indagación realizada por el estudiante respecto al factor de calidad y el análisis de la curva de amplitud y frecuencia, se discute la importancia de dicho factor para el circuito y se procede a la medición de la amplitud del voltaje en función de los submúltiplos y múltiplos de la frecuencia de resonancia. En dicha discusión se define el ancho de banda y la potencia mitad. Se pretende que el alumno estudie al menos 2 curvas para diferentes resistencias. Luego se discute cómo se puede determinar experimentalmente el factor de calidad para las dos resistencias.

La determinación de la resistencia del inductor se plantea en el transcurso de las mediciones, cuando el estudiante analice el caso de la resonancia. Es importante aquí que el alumno sea capaz de reconocer que trabaja con fuentes reales y que estas tienen impedancias que afectan en menor o mayor medida las determinaciones realizadas.

El análisis de las incertidumbres asociadas a las mediciones y cálculos de cada magnitud, se realiza en el desarrollo de la actividad.

## **Evaluación**

Además de la evaluación diagnóstica planteada (Preguntas previas), se realiza una evaluación continua en distintas etapas de la actividad, todas ellas se centran en los aprendizajes del estudiante (preguntas de indagación). Como estrategia, se utiliza la técnica interrogativa para incentivar al alumno a fundamentar sus respuestas y las decisiones que toma a lo largo de la práctica. Se realiza un doble chequeo del logro de los objetivos de enseñanza, por un lado el tradicional informe pero por otro se trata de detectar si los informes correctos están asociados a razonamientos correctos.

Como instancia final el alumno debe elaborar un informe en el cual se analizan los resultados obtenidos y se registran las discusiones y decisiones que se tomaron a lo largo de la actividad

## Guía para la práctica: Circuito RCL

### Introducción

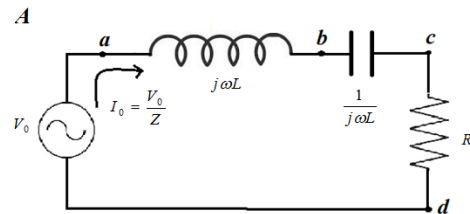
Un circuito RCL está compuesto por una resistencia, un capacitor y un inductor alimentados con una fuente sinusoidal de frecuencia conocida, su comportamiento es análogo al de un oscilador forzado amortiguado. En particular en esta práctica los elementos están conectados en serie y se estudiará la frecuencia de resonancia del circuito  $\omega_0$ , se analizará la diferencia de fase  $\phi$  entre la intensidad de la fuente y la que atraviesa la resistencia, se determinará el factor de calidad  $Q$  del sistema, para dos resistencias diferentes y se obtendrá el valor experimental de la resistencia del inductor  $R_L$ .

### Marco teórico

#### Circuito RCL en serie.

La Fig. 1 muestra un esquema del circuito similar al que estudiaremos en esta práctica.

Si estudiamos el circuito en su régimen transitorio, aplicamos la ley de las mallas de Kirchhoff, y analizamos el diagrama fasorial de la figura 1B, podemos obtener que:



$$I_0 = \frac{V_0}{Z(\omega)} = \frac{V_0}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \Rightarrow I(t) = \text{Re}\{I_0 e^{j\omega t}\} \quad (1)$$

$$I(t) = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \cos(\omega t + \phi)$$

siendo

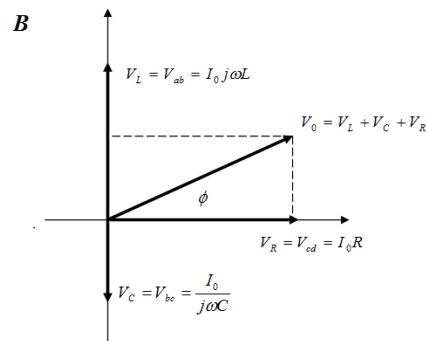


Fig. 1. A) Esquema de un circuito RCL con sus correspondientes elementos reactivos y resistivos. B) Diagrama fasorial del circuito.

$$\phi = \text{Arctg} \left( \frac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R} \right) \quad (2)$$

El desfase está dado por la corriente que va desde el voltaje más positivo de la fuente hacia el más negativo, y en otras ocasiones el voltaje generado por la inercia eléctrica de la inductancia la hará circular en sentido opuesto.

Los términos dentro del paréntesis en el denominador de la ecuación 1, se denominan Reactancia inductiva  $X_L$  y reactancia capacitiva  $X_C$ :

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (3)$$

$$X_L = \omega L \quad (4)$$

Cuando el sistema se encuentre en resonancia el desfase entre el voltaje y la corriente es nulo, es decir  $\phi = 0$  y es posible demostrar que la frecuencia angular de resonancia es:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (5)$$

### **Preguntas de seguimiento 1:**

- a) ¿Qué comportamiento tiene el circuito cuando  $\phi > 0$  y  $\phi < 0$ ?
- b) En cada caso, ¿qué valores de frecuencia respecto de  $\omega_0$  se debe trabajar?

Esta interpretación es importante para comprender el estudio del desfase en función de la frecuencia  $\omega$ .

### **Preguntas de indagación:**

- 1- Indague sobre la importancia de graficar la amplitud del voltaje en función de frecuencias que son múltiplos de la frecuencia de resonancia. (Para comprender este punto tenga en cuenta el diagrama fasorial antes analizado)
- 2- ¿Qué es y qué importancia tiene el factor de calidad para estos circuitos?
- 3- ¿Cómo podemos variar dicho factor en la práctica?

### **Segunda etapa**

#### **Preguntas de seguimiento 2**

- a- ¿Cómo son las curvas de amplitud para frecuencias cercanas a la frecuencia de resonancia?
- b- ¿Cómo se puede obtener el ancho de banda  $2\Delta = \omega_2 - \omega_1$ ?
- c- ¿Cuál es la importancia del factor  $Q$  en los circuitos de resonancia y sus aplicaciones?
- d- ¿Cuál es la influencia de la resistencia en el factor de calidad  $Q$  del circuito?
- e- Luego que realice sus mediciones y el análisis describa cómo es su circuito en términos de  $Q$

## Equipos y Metodología

En esta práctica se sugiere la utilización de 1 Bobina (del orden de los mH), resistencias del orden de 100 y 500  $\Omega$ , 1 k $\Omega$  y 10k $\Omega$ , 1 condensador de 0,2  $\mu$ F además 1 protoboard, 1 generador de funciones, y 1 osciloscopio.

El procedimiento recomendado es el siguiente:

- Encuentre la Frecuencia de resonancia teórica. Luego de montar el circuito mostrado en la figura 3, encuentre la frecuencia de resonancia  $f_0$  experimental.
- Grafique las amplitudes normalizadas,  $\frac{V}{V_0}$ , en función de  $\frac{\omega}{\omega_0}$  teniendo en cuenta la indagación realizada y lo discutido en clase.
- Encuentre de forma experimental y teórica el factor de calidad. Q, varielo y analice sus resultados. A partir de los valores de  $V_R$  y  $V_0$ , estime el valor de  $R_L$ , según se muestre en el Apéndice II.



Figura 3. Dispositivo montado para la realización de la práctica.

### Sugerencias de trabajo

- En la fuente utilice un valor de  $V_{pp}=20V$
- Encuentre una forma de determinar el ancho  $2\Delta$  a partir del gráfico utilizando el software que le resulte mas familiar.

### Referencias

French, A. P. (1997) *Vibraciones y Ondas*; Reverté S.A.

Cheng, D. (1998) *Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería*. México: Adison-Wesley.

Gil S. (2014) *Experimentos de Física de bajo costo, utilizando Tic's*. Bs.As. Alfaomega.

## Apéndices.

### Apéndice I.

#### I.I Movimientos perpendiculares de frecuencias iguales y figuras de Lissajous

Consideremos que tenemos dos oscilaciones combinadas que están desfasadas en  $\phi$ , de la forma:

$$x = A_1 \cos \omega t$$

$$y = A_2 \cos(\omega t + \phi)$$

Para diferentes casos de desfase podemos obtener diferentes cuadros cualitativos de todos los movimientos posibles:

a. Para  $\phi = 0$

$$x = A_1 \cos \omega t$$

$$y = A_2 \cos(\omega t) \text{ por lo tanto } y = \frac{A_2}{A_1} x.$$

Para este caso el movimiento es rectilíneo, y se da en una diagonal del rectángulo de tal forma que  $x$  e  $y$  tienen siempre el mismo signo, o bien positivo o negativo. (ver Fig. AI)

b. Para  $\phi = \frac{\pi}{2}$

$$x = A_1 \cos \omega t$$

$$y = A_2 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = -A_2 \sin \omega t, \text{ haciendo uso de la expresión } \cos^2 \omega t + \sin^2 \omega t = 1 \text{ Se}$$

obtiene que:  $\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$  esta es la ecuación de una elipse cuyos ejes principales coinciden con los ejes  $x$  e  $y$

Es importante reconocer que las ecuaciones nos expresan un sentido definido en la trayectoria elíptica que puede ser: horario, como en este caso, o antihorario como se ve más adelante.

c. Para  $\phi = \pi$

$$x = A_1 \cos \omega t$$

$$y = A_2 \cos(\omega t + \pi) = -A_2 \cos \omega t \text{ por lo tanto } y = -\frac{A_2}{A_1} x$$

d. Para  $\phi = \frac{3\pi}{2}$

$$x = A_1 \cos \omega t$$

$$y = A_2 \cos\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right) = A_2 \sin \omega t$$

Se tiene una elipse como en el caso b pero en sentido contrario a las agujas del reloj.

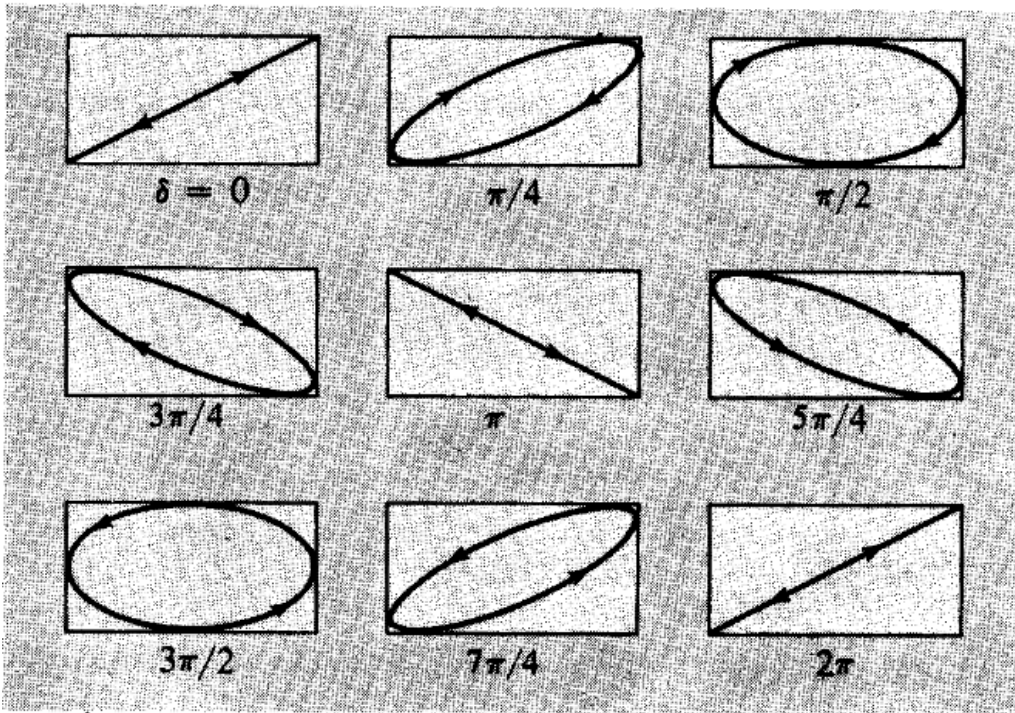


Figura AII.1. Superposiciones de dos movimientos perpendiculares de igual frecuencia para diferentes fases. Nótese el sentido de las trayectorias. Extraído de French, A. *Vibraciones y Ondas*.

**I.II Determinación de la fase y la frecuencia a partir de las Figuras de Lissajous en el osciloscopio.**

Estas figuras aparecen en el osciloscopio en Menú –

La fig. AII muestra el caso de una elipse a partir de la cual se puede determinar el desfase  $\phi$ .

$$\text{sen}\phi = \frac{h}{H}$$

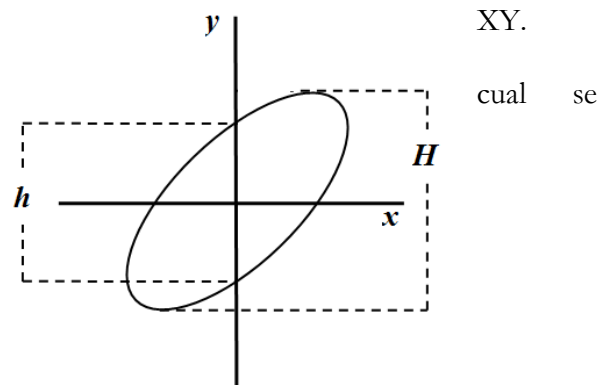
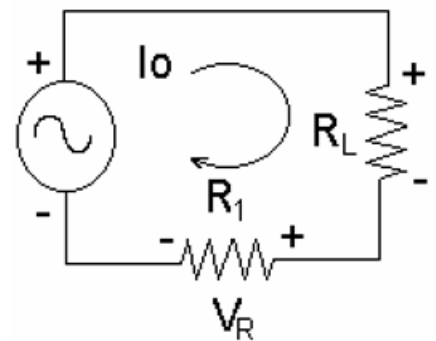


Figura AII.2

**Apéndice II. Estimación de  $R_L$**

El modelo utilizado en la práctica para el bobinado consiste en una inductancia en serie con una resistencia de valor  $R_L$ . Esta resistencia modela pérdidas que presenta el transformador a la frecuencia de trabajo. Para estimar el valor de  $R_L$ , recordemos que en resonancia  $V_L$  (Voltaje en los bornes de la inductancia es ideal) es opuesto a  $V_C$ , por lo que el circuito se reduce al de la figura AII.3.



Midiendo la amplitud  $V_R$  en resonancia, podemos calcular  $R_L$ :

$$V_R = R_1 I_0 \quad I_0 = \frac{V_0}{R_1 + R_L}$$

$$\Rightarrow V_R = \frac{R_1}{R_1 + R_L} V_0$$

$$\Rightarrow R_L = \frac{(V_0 - V_R)}{V_R} R_1$$

## Bibliografía

Richard R. Hake (2004) The Arons-Advocated Method, Enviado a *American Journal of Physics*.

### [Método defendido por Arons](#)

Salvador Gil (2006) Enseñanza de las ciencias, desafíos y oportunidades. Jornadas Pedagógicas UNSAM. [Docencia](#)

Picquart, M. (2008) ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la Física? *Latin American Journal Physics Education* Vol. 2. No. 1.29-36.

Vokos S., McDermott L. (1998). *The Challenge of Matching Learning Assessments to Teaching Goals: An example for the work-energy and impulse-momentum. American Journal of Physics.* 66 (2),147-156.

Calderón, S., Nuñez, P., Di Laccio, J., Iannelli, L., y Gil, S. (2015). Aulas-Laboratorios de bajo costo usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.* 12(1), 212-226.

French, A. P. (1997) *Vibraciones y Ondas*; RevertéS.A.

Cheng, D. (1998) *Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería.* México: Adison-Wesley.

Gil S. (2014) *Experimentos de Física de bajo costo, utilizando Tic's.* Bs.As. Alfaomega.