

# **Memoria de Ejecución del Proyecto**

**AYUDAS DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA A  
PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE  
CURSO 2014/2015**

Título del proyecto:

**Desarrollo de experimentos para la visualización  
de fenómenos básicos en magnetismo**

**Código del proyecto: ID2014/0036**

Coordinador del proyecto:

**Víctor Javier Raposo Funcia**

Facultad de Ciencias  
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

# ÍNDICE

<b>I.- Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto .....</b>	<b>1</b>
<b>II.- Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>III.- Cumplimiento de objetivos .....</b>	<b>3</b>
<b>IV.- Memoria económica .....</b>	<b>4</b>
<b>V.-Anexos:</b>	
<b>Anexo I.- Ejemplo de presentación de una clase magistral.....</b>	<b>5</b>
<b>Anexo II.- Ejemplo de problemas planteados al alumno para realizar en los seminarios de la asignatura .....</b>	<b>7</b>
<b>Anexo III.- Ejemplo de tareas individuales para el alumno y que entregará al profesor para su revisión .....</b>	<b>8</b>
<b>Anexo IV.- Ejemplo de presentación teórica introductoria a las prácticas de laboratorio y del aula de informática.....</b>	<b>9</b>
<b>Anexo V.- Fotografías de experiencias de laboratorio.....</b>	<b>11</b>
<b>Anexo VI.- Ejemplo de guion de práctica de una experiencia.....</b>	<b>12</b>
<b>Anexo VII.- Asignatura en la plataforma Studium.....</b>	<b>15</b>

## **I. Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto**

José Ignacio Iñiguez de la Torre

Víctor Javier Raposo Funcia

Ana García Flores

Marcelino Zazo Rodríguez

## **II. Introducción**

El presente documento presenta la Memoria de Ejecución del Proyecto titulado “Desarrollo de experimentos para la visualización de fenómenos básicos en magnetismo”, concedido por la Universidad de Salamanca en el contexto del “Programa de mejora de la calidad” en la convocatoria de Ayudas a Proyectos de Innovación y Mejora Docente del curso 2014/2015.

Uno de los objetivos de los nuevos planes de estudio consiste en la mayor participación de los alumnos en las actividades académicas, mediante la discusión de los conceptos presentados en las clases de teoría. Para ello es conveniente en las titulaciones con marcado carácter experimental mostrar a los estudiantes experimentos sencillos que permitan visualizar las leyes que se les van presentando, de modo que se abra la discusión y debate de los resultados encontrados.

El objetivo principal de este proyecto ha sido el desarrollo de una serie de experimentos que permitan visualizar algunas de las leyes básicas de magnetismo. Ello no es siempre sencillo pues en ocasiones las fuerzas involucradas en la mayoría de las ocasiones son muy pequeñas, lo que requiere del uso de aparatos muy sensibles que no favorecen la visualización directa de los mismo. Para evitarlo se ha diseñado un dispositivo experimental capaz de producir corriente muy elevadas para poder ver de manera directa las fuerzas de atracción/repulsión entre corrientes y fenómenos de levitación magnética. Se trata de experiencias que resultan muy atractivas, y que no se suelen visualizar dada la escasa magnitud de las mismas.

Para la realización del proyecto se ha realizado una primera etapa de carácter puramente instrumental, con el desarrollo de un sistema de aplicación de altas corrientes mediante la descarga de condensadores de muy alta capacidad y baja impedancia de salida controlados mediante transistores MOSFET de alta

corriente. Se ha buscado la versatilidad del sistema para operar tanto en corriente continua como en corriente alterna.

Con este generador se han desarrollado dos tipos de experiencias:

- Visualización de fuerzas de atracción/ repulsión entre corrientes paralelas/antiparalelas  
Visualización de la levitación magnética sin el uso de superconductores.

Para la elaboración de estos proyectos se ha contado con los recursos ya disponibles en el Área de Electromagnetismo, así como de la financiación del presente proyecto que ha permitido completar alguno de los sistemas experimentales que formarán parte de la oferta prácticas actual.

### **III. Cumplimiento de objetivos**

El objetivo fundamental del presente proyecto era diseñar un sistema experimental y dos conjuntos de experiencias y realizar la adecuada planificación de las mismas para que puedan ser llevadas mostradas a los alumnos en las asignaturas de laboratorio impartidas por el área de electromagnetismo o en jornadas de difusión de la titulación de Grado en Física.

A lo largo del proyecto se desarrolló la instrumentación, desarrollos teóricos y planificación de las dos de experiencias, centrándonos en realizar experiencias que resulten atractivas visualmente a la vez que permitan abrir la discusión acerca de la explicación de los fenómenos observados.

- Visualización de fuerzas de interacción entre corrientes
- Estudio de la levitación magnética mediante corrientes inducidas

En el anexo I se muestran brevemente los resultados, montajes y planificación de cada una de ellas.

## **IV.- Memoria económica**

En el proyecto de innovación y mejora de docente presentado se solicitaban 300 € para la compra de una fuente de continua para la carga de los condensadores y diverso material fungible para el diseño de la electrónica de control. Puesto que se disponía de más tiempo para el desarrollo experimental a finales del 2014 se adelantó la compra del material antes de disponer de la resolución del presente proyecto, usando para ello el dinero del presupuesto del departamento, y se ha empleado los 225 € de financiación del mismo a la compra de algunos elementos para completar una práctica de visualización de radiación electromagnética no incluida en la memoria original, pero que comparte los objetivos del presente proyecto.

# Anexo I: Resumen de las experiencias

## 1.- Visualización de fuerzas de interacción entre corrientes

### 1.1. Objetivo

Se trata de visualizar la fuerza de interacción entre dos corrientes. Para ello se utilizarán corrientes muy elevadas de modo que la propia fuerza de interacción sea capaz de mover los cables por los que circula la corriente.

### 1.2 Fundamento teórico

La ley de acciones electrodinámicas de Ampère nos dice que entre dos corrientes aparece una fuerza de interacción dada por:

$$\vec{F}_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} I_1 I_2 \oint_1 \oint_2 \frac{d\vec{l}_2 \times (d\vec{l}_1 \times \vec{R})}{R^3}$$

Dado el bajo valor de  $\mu_0$  se hace imprescindible el uso de elevadas corriente para tener una fuerza de interacción apreciable. El análisis del doble producto vectorial de esta expresión nos conduce a fuerzas atractivas/repulsivas según las direcciones de cada uno de los circuitos.

Se deberá discutir como colocar los cables para poder conseguir con un solo circuito fuerza repulsiva y fuerza atractiva, para verificarlo experimentalmente bajo la supervisión del profesor.

### 1.3 Sistema de medida desarrollado



## 2.- Estudio de la levitación magnética mediante corrientes inducidas

### 2.1 Objetivo

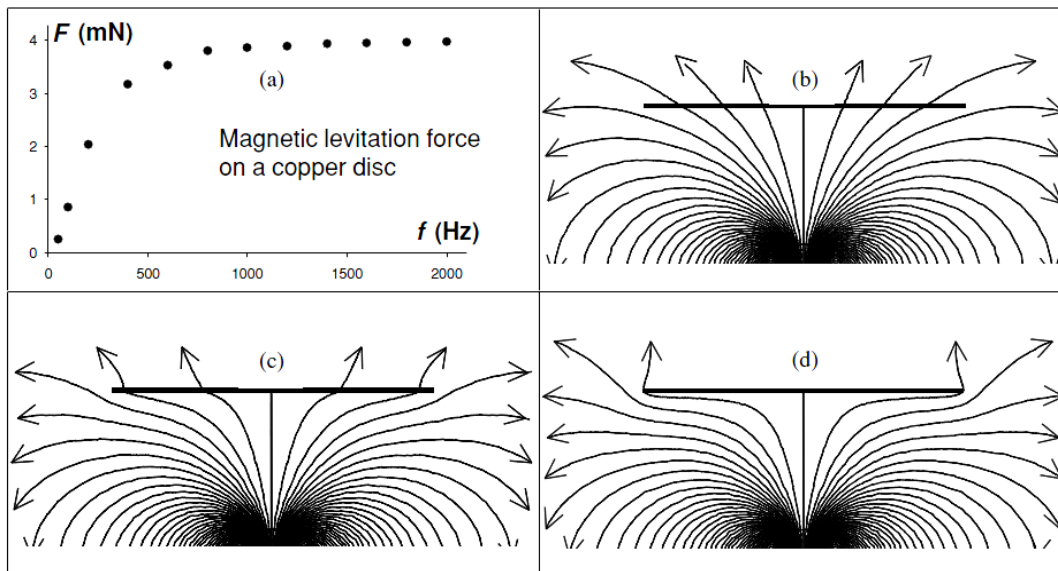
Se trata de visualizar la levitación magnética de una bobina mediante corrientes inducidas en una superficie conductora y entender los fenómenos que gobiernan este comportamiento.

### 2.2 Fundamento teórico

La levitación por corrientes inducidas se basa en la aparición de una corriente muy elevada en un material conductor sometido a la presencia de un campo magnético alterno como el producido por la bobina. Es de fundamental importancia para este estudio el detallado análisis de la fase entre la corriente del primario y la inducida, que depende en gran manera de la frecuencia de operación. Para un sistema sencillo la fuerza de repulsión viene dada por la expresión:

$$\mathbf{F}_m = \frac{3\mu_0^2}{4} \frac{z \rho^4 m_{ms}^2 \omega^2 L}{(\rho^2 + z^2)^4 (R^2 + \omega^2 L^2)} \mathbf{u}_z$$

De modo que se tratará de visualizar la dependencia de la altura a la que levita la espira en función de la frecuencia



### 2.3 Bobina levitando sobre una plancha conductora

