



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN FÍSICA



USO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA
DE LAS NOCIONES DE LA CORRIENTE ALTERNA (Fundamentado en la
ejemplificación de los circuitos **RLC**: Resistivos, Autoinductivos y Capacitivos, a
nivel de Quinto Año de la Educación Media General).

Autor: Licdo. Réder Suárez

Tutor: Msc. Eliexer Pérez

Naguanagua, Marzo de 2013



**PETICIÓN DE TÍTULO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
POSTGRADO**



Yo, **Reder Evandro Suárez Lugo**

Sexo: Masculino, Cédula de Identidad: **13.634.735**

Lugar de nacimiento: **Naguanagua, Estado Carabobo**

Solicito la elaboración de mi Título Profesional de:

Magíster en Educación en Física.

Datos del Egresado

Título: **Licenciado en Educación mención Matemática.**

Expedido por: **Universidad de Carabobo.**

En fecha: **14 de Agosto de 2007**

Dirección de habitación: **San Diego, Los Próceres n^o 200**

Teléfono: **0416-3306669**

Correo Electrónico: **rederelectric20@yahoo.es**

Personas a través de las cuales me puede localizar

1.- Yoel Riveros teléfono: 0412-4758434

2.- Diosmar Suárez teléfono: 0424-4636396

Firma: _____ Fecha: _____

Revisado y recibido en la Sección de Grado por: _____

AUTORIZACIÓN DEL TUTOR

Dando cumplimiento a lo establecido en el reglamento de estudios de postgrado de la Universidad de Carabobo en su artículo 133, quien suscribe **Eliexer Pérez** titular de la cedula de identidad n^o **13.193.188**, en mi carácter de Tutor del Trabajo de Maestría titulado:

“Uso de Actividades Prácticas para mejorar la Enseñanza de las nociones de la corriente alterna (fundamentado en la ejemplificación de los circuitos RLC: resistivos, autoinductivos y capacitivos a nivel de Quinto Año de Educación Media en General).”, representado por el ciudadano **Réder Evandro Suárez Lugo**, titular de la cédula de identidad n^o **13.634.735**, para optar al título de **Magister en Educación en Física**, hago constar que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se le asigne.

En Bárbula, a los 04 días del mes de Marzo del año 2013

FIRMA
C.I:

AVAL DEL TUTOR

Dando cumplimiento a lo establecido en el reglamento de estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo en su artículo 133, quien suscribe Eliexer Pérez titular de la cedula de identidad n^o 13.193.188, en mi carácter de Tutor del Trabajo de Maestría titulado:

“Uso de Actividades Prácticas para mejorar la Enseñanza de las nociones de la corriente alterna (Fundamentado en la ejemplificación de los circuitos RLC: Resistivos, Autoinductivos y Capacitivos, a nivel de Quinto Año de la Educación Media General).”, representado por el ciudadano **Réder Evandro Suárez Lugo**, titular de la cédula de identidad n^o **13.634.735**, para optar al título de **Magister en Educación en Física**, hago constar que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se le asigne.

En Bárbula ,a los 4 días del mes de Marzo del año 2013

FIRMA

C.I:



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN FÍSICA



USO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LAS NOCIONES DE LA CORRIENTE ALTERNA (fundamentado en la ejemplificación de los circuitos RLC: resistivos, autoinductivos y capacitivos a nivel de Quinto Año de la Educación Media en General).

Actividades realizadas con el Tutor

- 1- 18/10/2010. Presentación del Proyecto al Tutor. Solicitud de Tutoría.
- 2- 26/10/2010. Asesoría: Revisión del Capítulo I.
- 3- 02/11/2010. Asesoría: Presentación de correcciones del Capítulo I.
- 4- 09/11/2010. Asesoría: Presentación del Capítulo II. Sugerencias del Tutor.
- 5- 23/11/2010. Asesoría: Presentación de las correcciones del Capítulo II.
- 6- 18/01/2011. Asesoría: Presentación de correcciones del Capítulo II. Sugerencias para el capítulo III.
- 7- 25/01/2011. Asesoría: Presentación y revisión del Capítulo III.
- 8- 08/02/2012. Asesoría: Revisión de correcciones del Capítulo III.
- 9- 08/03/2011. Asesoría: Sugerencia del Tutor para cambiar el enfoque investigativo.
- 10- 29/03/2011. Asesoría: Revisión del Capítulo I y II según el enfoque cualitativo.
- 11- 13/04/2011. Asesoría: Revisión de correcciones al Capítulo I y II.
- 12- 17/05/2011. Asesoría: Presentación del Capítulo III bajo el enfoque cualitativo.
- 13- 14/06/2011. Asesoría: Revisión de correcciones del Capítulo III.
- 14- 15/11/2011. Presentación del Proyecto. Firma del mismo por parte del Tutor.
- 15- 24/01/2012. Asesoría: Sugerencias del Docente para el resto de los capítulos y acerca de las actividades a desarrollar con respecto a la Estrategia Didáctica.
- 16- 31/01/2012. Asesoría: Presentación y revisión del Capítulo IV.
- 17- 13/03/2012. Asesoría: Revisión de las correcciones del Capítulo IV.
- 18- 10/04/2012. Asesoría: Sugerencias del Tutor para llevar a cabo la presentación de la Estrategia Didáctica propuesta a los docentes expertos.
- 19- 19/06/2012. Asesoría: Presentación y revisión de la Tesis completa.
- 20- 15/09/2012. Asesoría: Revisión de las correcciones a todos los capítulos.
- 21- 24/09/2012. Firma del Trabajo Especial de grado por parte del Tutor.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN FÍSICA



USO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LAS NOCIONES DE LA CORRIENTE ALTERNA (fundamentado en la ejemplificación de los circuitos **RCL**: Resistivos, Autoinductivos y Capacitivos a nivel de Quinto Año de la Educación media en General).

Autor: Licdo. Réder Suárez

Tutor: Msc. Eliexer Pérez

Fecha: Marzo de 2013

RESUMEN

Aprender Ciencia hoy en día, desde el punto de vista de la cotidianidad, es un referente que ha interesado a algunos investigadores en la Enseñanza de la didáctica de la Física Escolar. Esta concepción deja entrever que la gran labor del docente amerita de un alto grado de responsabilidad. Por ende, es necesario hacer una revisión sobre la forma en que se lleva a cabo el proceso de Enseñanza y Aprendizaje de los conceptos fundamentales de la Física, considerando, a su vez, factores que, en la realidad, incentiven a los estudiantes en la adquisición de determinados conocimientos. En este sentido, es preciso aplicar estrategias de Enseñanza pertinentes para explicar contenidos de carácter abstracto como lo es la teoría del Electromagnetismo, donde se ha evidenciado que el rendimiento de los estudiantes no es muy satisfactorio. De allí que, la presente investigación, bajo la modalidad de Investigación Acción, se centró en brindar una herramienta didáctica dirigida a los docentes de 5to. Año para explicar, específicamente, los Circuitos de corriente alterna RLC como complemento de las actividades del laboratorio, empleando demostraciones prácticas, la cual resultó muy satisfactoria, en cuanto a su receptividad y ejecución por los docentes, demostrándose al ser aplicada y evaluada.

Palabras clave: Física escolar, demostraciones prácticas, Circuitos RLC, Investigación Acción.

ÍNDICE

	P.
Introducción.....	12
Reconocimiento.....	14
AMBITO DE ESTUDIO.....	15
Descripción de la Situación de Estudio.....	15
Propósitos del Estudio.....	19
Justificación del Estudio	20
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	25
Estudios precedentes históricos.....	25
Estudios precedentes de la Investigación.....	27
SUSTENTO TEÓRICO.....	31
Sustento Psicológico.....	31
Sustento Sociológico.....	33
Sustento Pedagógico.....	34
Sustento Conceptual.....	35
ABORDAJE METODOLÓGICO.....	77
Naturaleza de la Investigación.....	77
Contexto y grupo de Investigación.....	78
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	79
Fase Planificación.....	81
Fase Ejecución.....	83
Recursos Financieros e Institucionales.....	85
FASE DE ANÁLISIS DE LA DATA Y PLANIFICACIÓN.....	86
Data Analizada para los prototipos	86
Data Analizada para el manual Didáctico o de Especificaciones.....	88
Interpretación de los resultados.....	89

PROPUESTA	93
Denominación.....	93
Justificación e Importancia.....	94
Misión	94
Visión.....	95
Propósitos.....	95
Manual de Especificaciones o Didáctico	96
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	111
Anexo1 (Encuesta Preliminar).....	112
Anexo 2 (Encuesta de Validación de los prototipos y Manual de Especificaciones).....	115
Anexo 3 (Apéndice Teórico).....	116
Anexo 4 (Fotos del Taller divulgativo de la Propuesta).....	134
Anexo 5 (Definición de Términos Básicos).....	139
Anexo 6 (Constancia de realización del Taller divulgativo de la Propuesta).....	140

Introducción

Al observar las debilidades presentes en los estudiantes respecto a los tópicos concernientes al contenido de Electromagnetismo, el Investigador, en la búsqueda por lograr una mayor efectividad en el proceso de Enseñanza y Aprendizaje de sus estudiantes, aplicó una serie de experiencias experimentales con la intención de vincular los contenidos teóricos abordados con sus respectivas prácticas de laboratorio. En muchos de los casos, comenzó por las sesiones experimentales haciendo alusión a la cotidianidad de sus estudiantes, obteniendo un mayor rendimiento en función del aprendizaje y rendimiento de los mismos respecto a cada uno de los tópicos estudiados.

Sin embargo, uno de los tópicos presentes en el Programa de Estudios de la asignatura de Física de 5to. Año son los Circuitos RLC, los cuales, al hacer autoreflexión e inquirir con sus colegas, notó que es muy poco o quizá nunca abordado. Por lo cual surgió entonces la idea de indagar acerca de los factores que inciden en la omisión de este contenido y proponer una alternativa de solución a esta problemática, considerando los elementos del contexto en relación a sus fortalezas y debilidades.

De allí que haya surgido este estudio, enmarcado en el paradigma cualitativo, mediante la Metodología de Investigación Acción, donde se abordaron a docentes especialistas de diversas instituciones educativas a nivel de secundaria para determinar, en conjunto, una forma de explicar experimentalmente estos circuitos a pesar de no contar con dotación en los laboratorios de las Instituciones respectivas, sino que se emplean materiales reciclables y de bajo costo.

Asimismo, se contó con la participación de dos Ingenieros Electricistas quienes pusieron sus conocimientos al servicio de lograr el cometido de esta investigación. Para lo cual, se ejecutaron las fases concernientes al modelo metodológico seleccionado, las cuales son Planificación, Ejecución y Evaluación.

Donde, con todos los miembros de la comunidad de estudio, se creó el proyecto, se difundió la estrategia didáctica, por parte del investigador, a los docentes especialistas y, posteriormente, se llevó a cabo un debate valorativo de la estrategia para considerar las debilidades detectadas, las cuales posteriormente fueron convertidas en fortaleza y, en definitiva, se creó el Manual Didáctico para la enseñanza de la experimentación de los Circuitos RLC en su asociación Serie y Paralelo, empleando materiales de bajo costo y fácil consecución, dirigido a los docentes especialistas.

Es importante destacar que, en la mayoría de los casos, en el desarrollo de la explicación de los diversos contenidos de la asignatura, el docente por carecer de materiales, equipos y hasta laboratorio, obvia la experimentación de los fenómenos concernientes a esos contenidos, generándose un factor negativo para el aprendizaje de sus estudiantes, puesto que la Física es una ciencia fenomenológica.

Sin embargo, este estudio sirvió de ejemplo para hacer entender a los docentes que existe una gran diversidad de alternativas para lograr llevar a cabo prácticas de laboratorio donde se evidencien o perciban las diversas teorías a enseñar contentivas en el Programa de Estudios, sin la obligatoriedad de contar con equipos, modelos mecánicos o comerciales e incluso un laboratorio, sino, empleando materiales de fácil adquisición o reciclables, haciendo más vinculante y significativo el proceso de Enseñanza y, en consecuencia, de Aprendizaje.

RECONOCIMIENTO

Dada la Metodología empleada en este estudio, la valiosa colaboración prestada para su realización fue muy variada. En primer lugar, se reconoce el apoyo prestado por los docentes especialistas de las Instituciones educativas Liceo Nacional “Campo Solo”, “Hipólito Cisneros”, “Pablo de Tarzo” y la Escuela Técnica “Enrique Delgado Palacios” en virtud de que sus comentarios y sugerencias en la fase de diagnóstico y planificación fueron sustanciales. De la misma manera se agradece el apoyo prestado por la Directiva de la E.T. “Enrique Delgado Palacios” quien desde un primer momento colocó, a disposición de este estudio, su infraestructura y personal docente, administrativo, estudiantil para la puesta en marcha de todas las fases de esta Investigación. También, es preciso mencionar las sugerencias y consejos del Dr. Carlos Zambrano y, por supuesto, del Tutor Msc. Eliexer Pérez, para la estructuración, coordinación, orientación y, en definitiva, elaboración de esta Investigación.

CAPÍTULO I

ÁMBITO DE ESTUDIO

Las actividades prácticas, constituyen un aspecto relevante en las clases de Física. La realización de experiencias puede resultar recreativa, tanto para los estudiantes como para los docentes. Muchas de estas prácticas pueden ser referentes a actividades diarias las cuales permiten estimular la discusión no sólo acerca de importantes principios o leyes involucradas en la Física, sino también, sobre su aplicación y utilización por parte de una comunidad.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE ESTUDIO

En las últimas décadas, el Proceso Enseñanza de la Ciencia Física ha sido, cada vez más, objeto creciente de estudio e investigación tanto a nivel internacional como a nivel nacional. Particularmente, sobre la teoría del Campo Electromagnético. A pesar de los diversos modelos, enfoques conceptuales y metodológicos por tratar de cambiar la enseñanza tradicional para aumentar la participación activa de los estudiantes sobre el conocimiento científico. Por eso, la Enseñanza de la Ciencia, a nivel del quinto año de la Educación Media General en Venezuela, debe basarse en la recreación de actividades fenomenológicas cualitativas que permitan la comprensión de los conceptos fundamentales de la Física.

En este sentido, la Escuela tiene como propósito servir de espacio para despertar la curiosidad inherente del ser humano, educar su mente, enseñarle a seguir una línea de pensamiento de manera metódica, a plantear dudas, sin dejarse

influenciar por argumentos basados en lógicas fuera de fundamento, a recapacitar, elaborar su pensamiento de manera autónoma, a desarrollar la capacidad de observación y comunicación en los estudiantes.

En ese orden, los contenidos de Física que son impartidos en el nivel antes mencionado tienen que ser correspondidos de acuerdo a las expectativas de los estudiantes. Aún cuando se trata de una Ciencia Experimental que concibe teorías y leyes fundamentales que posteriormente son aplicables a otras Ciencias debe ser lo suficientemente interesantes para aquellos que deseando aprender, se formen, de tal manera que antes que disminuir su interés, lo aumenten en beneficio de los problemas que se les presente en la cotidianidad.

Dentro de este marco, en particular, se hace preciso considerar la importancia que presentan, para la Enseñanza de la Física, el análisis de las habilidades de los estudiantes y los procesos requeridos para garantizar un aprendizaje efectivo de los contenidos inherentes a la asignatura. De allí, que se deba auto reflexionar acerca de las estrategias didácticas implementadas por parte de los Docentes en las sesiones de clases.

Ahora bien, explicar los contenidos de Física referentes al área del Electromagnetismo, en específico las nociones de la corriente alterna, presentan una gran responsabilidad debido a la propia naturaleza abstracta de dichos contenidos. En este caso, la ilustración de estos fenómenos debería estar acompañada de un discurso pedagógico convincente por parte del docente para que los estudiantes puedan asimilar la información impartida.

De allí que, la explicación, por ejemplo, sobre los circuitos de corriente alterna sinusoidal donde se emplean componentes Resistivos, Inductivos y Capacitivos (RLC), los cuales son circuitos formados por resistores (R), condensadores (C) y bobinas (L), no sea la excepción, puesto que, según Mileaf (2006), si el sólo hecho de determinar la resistencia de un circuito en corriente

continua es, en muchos casos, dificultoso para los estudiantes; más aún lo es el hecho de comprender y calcular reactancias, como elementos complejos e irreales, que surgen debido a los defasajes que provoca la frecuencia de la fuente sobre la tensión y la corriente en algunos de los componentes de los circuitos en corriente alterna (p. 92). Por consiguiente, es un tanto más difícil aprehender el concepto de Impedancia, el cual involucra las componentes reales e imaginarias en los circuitos mencionados anteriormente.

Aunado a esto, al realizar un diagnóstico preliminar (2011) sobre algunos textos actuales de Física de 5to. Año, se apreció que no brindan una explicación muy exhaustiva, como sucede en el texto de Amelli (2005) de la editorial Salesiana, comprensible ni atractiva para los estudiantes sobre los circuitos RLC, separando la teoría eléctrica de la magnética, desvinculándolas y omitiendo, a su vez, la etapa de laboratorio para dicho contenido, como lo es el caso de los textos de Suárez y Brett (2002) y Camero y Crespo (2005). Similarmente ocurre, con el texto de la editorial Santillana (2008), donde omiten el contenido; observándose discrepancias entre los diversos autores en cuanto al contenido señalado, ocasionando diferencias en los estudiantes que pretendan, posteriormente, cursar alguna carrera a nivel Superior Universitaria relacionada con la Física.

Por otro lado, es preciso señalar que al abordar este tópico se debe tener en cuenta ciertos conceptos y procedimientos matemáticos (específicamente despejes y números complejos), los cuales, al realizar estudios diagnósticos sobre los conocimientos previos que presentan los estudiantes sobre los mismos, revelan un bajo nivel de comprensión, lo cual complejiza aún más la labor docente, puesto que dedica mayores periodos de clases a la explicación y resolución de ejercicios, sobre los mismos; tendiendo en muchos de los casos a perderse el objetivo principal, el cual es la adquisición del aprendizaje sobre el principio físico de los circuitos RLC. Sobre esto, Hewitt (2002) comenta que, “si bien es cierto que los cálculos algebraicos son importantes, su abuso hace perder el interés del estudiante acerca de la Física” (p.10).

En este sentido, es preciso que el docente reflexione y entienda que la Física es el estudio de los fenómenos y no sólo “la matemática de la Física”. Lo anterior podría estar influenciado por el hecho; según opinión de funcionarios de la Oficina de Organización Escolar de la Zona Educativa del Estado Carabobo (2011), “que la gran mayoría de docentes que imparten la asignatura no son especialistas en Física, sino en carreras afines”. En cuanto a esto Torrents (1995), afirma que “es precisa una formación inicial específica que sea superadora de la consideración generalizada que sólo el sentido común aunado a la experiencia que proporciona el empirismo cotidiano son suficientes para acceder a la docencia” (p. 65). De ahí que, el docente debe siempre estar en una constante preparación y actualización de conocimientos, con el objetivo de brindarles una mejor enseñanza a sus estudiantes.

Asimismo, es importante destacar la falta de dotación de los laboratorios de Física que presentan la gran mayoría de las instituciones tanto públicas como privadas del país aunado a la apatía de ciertos docentes por abordar el tópico o llevar a cabo prácticas donde si existen suficientes recursos. Además, ciertos textos de la asignatura omiten las secciones de guía de laboratorio o de experimentos acerca de los circuitos RLC. Esta situación conlleva a prescindir de actividades prácticas donde el estudiante pueda constatar y reforzar el aprendizaje teórico adquirido en las clases, además de tener la oportunidad de cambiar su actitud frente a la asignatura, puesto que en gran parte de los casos, tienden a motivarse más a aprender sobre las nociones del electromagnetismo debido a que manipulan, de manera segura, con los componentes de los circuitos y observan los resultados que se obtienen a partir de la modificación de los mismos.

Luego, se ha evidenciado mediante diagnóstico preliminar (2011) (Anexo 1), realizado por el autor, a docentes de Física de 5to. Año de diversos Planteles Educativos de los Municipios Guacara, San Diego y Valencia. Donde, el total de encuestados manifestó su total acuerdo acerca de lo importante de abordar el

contenido de Corriente Alterna; específicamente, sobre circuitos RLC. De la misma manera, manifestaron considerar muy significativo el hecho de realizar demostraciones en aula y prácticas de laboratorio sobre estos circuitos. Asimismo, expresaron no contar con los recursos para realizar estas prácticas de laboratorio, como es el caso de protoboards, componentes, osciloscopios; ni material didáctico, enfocado al nivel de secundaria, para explicar este contenido.

Por lo cual, se considera de gran importancia el hecho de propiciar la incorporación de estrategias de Enseñanza innovadoras que generen cambios en la estructura cognitiva de los estudiantes sobre los circuitos RLC. Para esto, el docente debe considerar a la didáctica como un elemento fundamental en este proceso. De allí que, deba comenzar a reflexionar acerca de cuán factibles y efectivas son las estrategias de Enseñanza aplicadas; además de determinar si éstas logran propiciar resultados positivos en los estudiantes acerca del estudio de la Física y, en particular, sobre el contenido de los circuitos objeto del presente estudio de investigación.

De esta manera, la situación descrita conlleva a la siguiente interrogante:

¿Cuán Pertinente será el uso de actividades prácticas para mejorar la Enseñanza de las nociones de la corriente alterna fundamentado en la ejemplificación de los circuitos **RLC** a nivel del quinto año de la Educación Media General?

1.1. PROPÓSITOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Propósito General:

Emplear las actividades prácticas para mejorar la Enseñanza de las nociones de la corriente alterna fundamentado en la ejemplificación y mediciones en los circuitos **RLC**.

1.2.2. Propósitos Específicos:

1.- Interpretar, a través del análisis del discurso del docente, el contexto de estudio, la génesis y estructura que presentan las actividades prácticas empleadas por los docentes para la Enseñanza de las nociones de la corriente alterna, particularmente los circuitos **RLC**.

2.- Elaborar actividades prácticas para facilitar el proceso de Enseñanza de las nociones de la corriente alterna fundamentado en la ejemplificación de los circuitos **RLC**.

3.- Proponer a los docentes las actividades prácticas para la Enseñanza de las nociones de la corriente alterna fundamentado en la ejemplificación y mediciones en los circuitos **RLC**.

4.- Verificar la pertinencia de las actividades prácticas sobre la Enseñanza de las nociones de la corriente alterna fundamentado en la ejemplificación de los circuitos **RLC**, por medio de un Taller divulgativo, dirigido a los docentes expertos.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Las nuevas orientaciones y principios de la didáctica consideran a la enseñanza como una actividad que es, por un lado interactiva, lo que exige una adecuada relación comunicativa, y por el otro, reflexiva con la intencionalidad como característica principal. En este sentido, el docente debe recordar, en todo momento, que el educando es parte fundamental del proceso de enseñanza y

aprendizaje, por lo que su participación es esencial. De ahí que, es esta la premisa en la que debería basarse la estrategia didáctica del docente. En esencia, lo que pretende la presente investigación es aportar un modelo didáctico experimental, con ejemplos y mediciones, vinculado con el contexto de estudio, para enseñar un tópico tan abstracto como lo son los circuitos RLC, involucrando de manera activa a los estudiantes, quienes son uno de los factores principales de su propio proceso formativo.

En consecuencia, esta investigación indagó acerca de los factores que influyen en las debilidades presentes en la enseñanza de los circuitos RLC, y a su vez, ofreció una herramienta al docente, la cual brinda una respuesta efectiva a la problemática anteriormente planteada, haciendo énfasis en un abordaje de este contenido de la asignatura Física de 5to. Año, de una forma experimental, conceptualizada, sencilla y participativa, donde se realice la construcción teórico reflexiva, vinculativa y fenomenológica a través de prácticas de laboratorio con prototipos referentes al tópico, elaborados, a posteriori, por los estudiantes bajo la supervisión del docente, y diseñadas de acuerdo al nivel cognitivo de los estudiantes de 5to. Año.

De esta manera, se logró, en primera instancia, determinar los factores que influyen negativamente en la enseñanza de este contenido (falta de dotación de los componentes y equipos de medición necesarios en los laboratorios de Física, el nivel de abstracción, el poco interés de los estudiantes, entre otros), para instar a que el docente reflexione acerca de los mismos. Posteriormente, con la colaboración de diversos actores que influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje, se le brindó al docente una alternativa de solución a través de una estrategia didáctica consistente en unos prototipos de circuitos RLC, tanto en Serie como Paralelo; donde, además de su construcción, se realizarán las mediciones de los parámetros de Tensión y Corriente para comprobar la no linealidad en la ecuación de Tensión y corriente de Kirchoff, tanto para el circuito serie como paralelo, respectivamente, producto de las existencia de ciertas

características resultantes del fenómeno de defasaje entre estos parámetros propio de estos circuitos en corriente alterna, sin el empleo obligatorio del osciloscopio, aunque podría quedar también como propuesta ideal en caso de que algunas instituciones educativas sí cuenten con este aparato de medición. Esta alternativa didáctica se adapta al contexto educativo en el que está inmerso el docente de la asignatura, con la que, luego, sus estudiantes adquirirán un conocimiento bien estructurado y arraigado que redundará de manera segura en un rendimiento académico satisfactorio.

De la misma manera, permitirá que los estudiantes, dado el propio carácter de su participación en el proceso de Enseñanza y Aprendizaje, venzan la animadversión hacia la Física y la Ciencia en general, pues el mismo hecho de involucrarse en las experiencias fenomenológicas les hará despertar su curiosidad, convirtiéndose en un estímulo para seguir experimentando e identificándose con la ciencia, pudiendo contar en el futuro con potenciales científicos, muy necesarios para el país.

Asimismo, consideró la relación que guarda los circuitos de corriente alterna con la teoría sobre circuitos en corriente continua, empleándola como apoyo para el entendimiento de este nuevo contenido; pero, a la vez, hará el énfasis en destacar las analogías pertinentes y las que no, en pro de no incurrir en errores conceptuales que, a posteriori, traerían consecuencias negativas en el aprendizaje de los estudiantes.

Además, se hizo notable la factibilidad de las actividades prácticas, según los prototipos propuestos para la realización de las mismas, los cuales fueron elaborados empleando materiales de bajo costo o fácil adquisición, trayendo esto consigo una mejora en el proceso de Enseñanza y Aprendizaje. Complementando las ausencias en cuanto a los modelos mecánicos para realizar las simulaciones experimentales para las instituciones educativas, donde no se cuenten con los laboratorios dotados con los implementos necesarios para elaborar las prácticas

sugeridas por algunos textos o programa educativo donde se requieren modelos mecánicos como lo son: osciloscopios, protoboards, entre otros.

En concordancia con lo anterior, al haber hecho las adaptaciones respectivas para la implementación de esta estrategia de Enseñanza basada en la modelación a través de prototipos didácticos, ésta sirvió de ejemplo para mejorar el discurso en las clases de contenidos análogos como es el caso del contenido de corriente continua, atendiendo lo referente a conexiones circuitales tanto serie, paralelo y mixto.

Es preciso destacar, que estos tipos de estrategias presentan la ventaja, tanto en Corriente alterna como en continua, de fomentar el interés del estudiante no sólo en el campo de la Física en sí, sino también en ramas más específicas e importantes en el desarrollo de la Tecnología y el progreso para la nación como lo son la Electricidad o la Electrónica.

Por otro lado, esta propuesta didáctica beneficia al docente en cuanto a su mejor desenvolvimiento profesional dadas las herramientas pedagógicas que contiene la misma y reduciendo considerablemente su exceso de trabajo, puesto que la porción de clases expositivas teórico-idealistas se reducen significativamente, para dar paso a sesiones con experiencias de laboratorio y exposiciones fenomenológicas, donde orientarán a sus estudiantes a construir los prototipos propuestos, es decir, los circuitos RLC, tanto en Serie como en Paralelo, enseñándolos a identificar los componentes y a reciclarlos, de ser posible, de dispositivos eléctricos o electrónicos en desuso; para luego realizar las mediciones de los parámetros eléctricos pertinentes para comprobar la no linealidad de las ecuaciones de Tensión total para el circuito de serie y Corriente total para el paralelo; siguiendo las indicaciones del Manual.

Además, de ser posible, esta propuesta daría continuación a otra donde se lograrían observar los gráficos de tensión vs. Corriente en un osciloscopio, si se

diera el caso que alguna institución dispusiera del mismo; reforzándose y complementándose así el aprendizaje sobre este contenido. De esta manera, el docente ha de lograr una mayor motivación y participación de sus estudiantes sobre su propio aprendizaje sobre el concepto de corriente alterna, y en este caso particular, los circuitos RLC.

Aunado a lo anterior, podría haber la posibilidad de contar con este recurso didáctico en la red, luego de una posterior y posible digitalización, añadiendo videos explicativos. Asimismo, este estudio podría servir de modelo para enseñar otros tópicos análogos de la asignatura, como es el caso de los circuitos en corriente continua, u otro contenido de Física, haciendo las respectivas adaptaciones con respecto a las características de los mismos, y siguiendo los parámetros establecidos en el formato del Manual de la UNESCO (2004) para la enseñanza de las Ciencias, el cual fue el considerado para llevar a cabo la propuesta planteada.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente aparte se hace referencia a los antecedentes, las bases teóricas de la investigación. Igualmente, en este capítulo se presentan los aspectos principales de carácter teórico que se relaciona con el uso de actividades prácticas para mejorar la enseñanza de las nociones de la corriente alterna.

2.1. Estudios Precedentes Históricos

Los circuitos RLC tienen su origen en el electromagnetismo, es decir la sinergia existente entre la electricidad y el magnetismo. Ambos aspectos aparecen generalmente juntos, cuando el primero está en movimiento, el último también está presente. Tanton (1988) señala que “el fenómeno del magnetismo fue observado desde la antigüedad, pero no fue completamente explicado hasta que se desarrolló la idea de la inducción magnética” (p.82). Asimismo, la electricidad fue igualmente observada desde tiempos remotos, siendo completamente explicada al desarrollar la idea de carga eléctrica.

Muchos científicos dieron cuenta de sus experiencias en este campo, como el médico italiano Girolamo Cardano quien escribió acerca de la electricidad en “De Subtilitate” en 1550 distinguiendo, quizá por primera vez, entre fuerzas eléctricas y magnéticas. Hacia la última parte del siglo XVI un médico de la época de la reina Isabel, el Dr. William Gilbert, en “De Magnete”, amplió el trabajo de Cardano y acuñó la nueva palabra latina “electricus” de (Elektron), palabra griega que significa “ámbar”. El primer uso de la palabra “electricidad” se atribuye a Sir Thomas Browne en su obra de 1646, “Pseudodoxia Epidémica”. Gilbert

emprendió un número de cuidadosos experimentos eléctricos, en el curso de los cuales descubrió que muchas otras sustancias distintas que el ámbar, como el azufre, la cera, el cristal, etc.

Fue así como se llega a la fabricación de la Botella de Leyden, un tipo de condensador para almacenar grandes cantidades de energía eléctrica, fue inventada en la Universidad de Leiden por Pieter van Musschenbroek en 1745. William Watson, al experimentar con la botella de Leyden, descubrió en 1747 que una descarga de electricidad estática es equivalente a una corriente eléctrica. La propiedad capacitiva, que ahora y desde hacía muchos años se habían acogido en el condensador eléctrico, fue observada por primera vez por Von Kleist de Leiden en 1754. Luego, en 1831 comenzaron las investigaciones de Michael Faraday, el famoso discípulo y sucesor de Humphry Davy a la cabeza de la Royal Institution, de Londres, en relación a la inducción electromagnética. Los estudios e investigaciones de Faraday se extendieron desde 1831 hasta 1855 y una descripción detallada de sus experimentos, deducciones y especulaciones se encuentran en su publicación, titulada 'Investigaciones Experimentales en Electricidad.

El experimento de Faraday, que condujo al descubrimiento de la inducción electromagnética, se realizó como sigue: Se construyó lo que es ahora y entonces se denominó una bobina de inducción o inductor, cuyos conductores del primario y secundario se enrollaron en una bobina de madera, uno al lado del otro y aislados entre ellos. En el circuito del cable primario se colocó una batería de aproximadamente 100 celdas. En el cable del secundario se insertó un galvanómetro. Al hacer su primera prueba no observó ningún resultado, el galvanómetro permanecía en reposo, pero al aumentar la longitud de los conductores se dio cuenta de una desviación del galvanómetro en el conductor del secundario cuando el circuito del conductor primario se abría y cerraba. Esta fue la primera observación del desarrollo de la fuerza electromotriz por inducción electromagnética.

Posteriormente en 1864, James Clerk Maxwell de Edimburgo, anunció su teoría electromagnética de la luz, que fue quizás el paso más grande en el conocimiento del mundo de la electricidad. Maxwell había estudiado y comentado en el ámbito de la electricidad y el magnetismo presentando un modelo simplificado del trabajo de Faraday, y cómo estaban relacionados los dos fenómenos. Redujo todo el conocimiento actual en un conjunto enlazado de ecuaciones diferenciales con 20 ecuaciones con 20 variables. Este trabajo fue publicado posteriormente como “On Physical Lines of Force” en marzo de 1861.

Tomando los aportes de los científicos anteriores, en 1891, Nikola Tesla realizó notables aportaciones a nuestro conocimiento de los fenómenos electromagnéticos a alta frecuencia y alto potencial. Entre sus experimentos realizados por Tesla, uno de ellos fue a tomar en su mano un tubo de vidrio del que se había extraído el aire, y posteriormente poner su cuerpo en contacto con un conductor que transporte corriente de alto potencial, el tubo se bañó con una luz brillante agradable, lo que permitió hacer entender a la sociedad de la seguridad del uso de la corriente alterna, la cual es la más usada hoy en día y la cual permite energizar y hacer funcionar a los circuitos RLC.

2.2. Estudios Precedentes de la Investigación

En Venezuela una primera aproximación para responder a la problemática de la Enseñanza de la Física es a través del Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias (CENAMEC); el cual, en 1989, propuso un proyecto denominado: “Física para la Creatividad” basada en los métodos activos de Enseñanza de CENAMEC, los cuales dan preponderancia a la actividad desplegada por el alumno para apropiarse del conocimiento centralizando su atención en la educación media proponiendo formas de enseñanza, materiales didácticos, prototipos y modelos para la enseñanza de mecánica, electrostática,

óptica termodinámica y electromagnetismo, también talleres de instrucción sobre la gestión de aula.

En ese orden de ideas, Según Pérez y Falcón (2009), consideraron que la importancia de usar referentes cotidianos en la didáctica de las Ciencias en particular, en la Enseñanza de la Física, ha sido una preocupación constante desde la década de los sesenta, diversos autores y organizaciones internacionales han propuesto metodologías y estrategias para incrementar el logro y la motivación de los estudiantes de nivel básico, destacando siempre el uso de los recursos experimentales y de la experimentación en la Enseñanza de las Ciencias Naturales (p.42).

En este sentido, se han implementado investigaciones de carácter didáctico sobre Electromagnetismo, el cual es un aspecto de la Ciencia que involucra circuitos eléctricos. Tal ha sido el caso de Sánchez, Pedroza y Hurtado (2011) quienes llevaron a cabo una investigación titulada “Enseñanza del comportamiento caótico de un circuito RLC de corriente alterna conectado a un dispositivo electrónico no lineal, mediante una simulación computarizada” donde observaron el comportamiento caótico de un circuito RLC al conectarlo a un dispositivo electrónico como lo es el diodo, comprobándose la transición entre fenómeno determinista y caótico, empleando un simulador. En este caso, a pesar de que no se experimentó tangiblemente, como es el caso de la presente investigación, estos investigadores presentan una estrategia didáctica que tuvo por finalidad ser una ayuda significativa para el aprendizaje de un contenido relacionado con circuitos RLC, sin pretender remplazar las prácticas de laboratorio formales sobre este fenómeno.

De la misma forma, Barbosa y Mora-Ley (2010), llevaron a cabo una investigación de carácter pedagógica titulada “Los Experimentos Discrepantes como una Herramienta Pedagógica en el Aprendizaje de la Física” la cual consistió de diversos montajes o prototipos que generan una fenomenología

contraintuitiva, utilizada favorablemente en la enseñanza de la Física, ilustrando algunas reflexiones sobre los escenarios en los que se pueden implementar estos montajes, así como sus fortalezas y debilidades concluyendo que el mismo permitió un escenario apto para que el estudiante juegue a observar, a desarrollar su creatividad y a mejorar su intuición física. Esta investigación se vincula con la presente, por emplear la experimentación como elemento fundamental para la enseñanza de contenidos de Física, además de considerar, para la construcción de los prototipos experimentales, materiales de fácil adquisición

Asimismo, Montilva (2009), presentó una investigación denominada “Construcción colectiva de Estrategias para la comprensión del concepto de Inducción Electromagnética”, en la misma la investigadora elaboró un guión donde se describió la planificación de actividades a través de sesiones de clases con estudiantes de 5to. Año de educación media donde se presentaron experimentos relacionados con el Electromagnetismo (como el experimento de Oersted, entre otros) donde prevaleció el conflicto cognitivo a través de preguntas abiertas sobre el comportamiento de los fenómenos, cuyas respuestas se discutían y se respondían luego de realizar los experimentos. Aunado a esto reforzó con videos alusivos y planteamientos matemáticos pertinentes. Fomentando así el carácter colectivo y participativo del proceso de enseñanza y aprendizaje; fundamento seguido en la actual investigación.

Por otra parte, dado que la presente investigación pretende modelar circuitos RLC empleando materiales de fácil acceso para los estudiantes, y en relación a esto, Pérez (2009) de la Universidad de Carabobo, elaboró una investigación titulada: “Estrategias reconstructivas para modelos y prototipos experimentales para el aprendizaje de óptica geométrica y óptica física”, la cual propuso el diseño de modelos y prototipos experimentales para el aprendizaje de los contenidos óptica tanto geométrica como física. Donde presentó una veintena de experimentos de óptica con materiales de bajo costo y fácil adquisición. Estos modelos y prototipos fueron probados en actividades de actualización de

docentes en servicio, donde se empleó un formato de Manual Didáctico, tomado como aporte para esta investigación.

En este orden de ideas, Falcón (2005), desarrolló una investigación basada en el diseño de recursos experimentales didácticos y recreativos para ilustrar los conceptos del electromagnetismo, dirigido específicamente a instituciones carentes de Laboratorios de Física o pobremente equipados. Además, se propuso la posibilidad de realizar las prácticas de laboratorio, mediante demostraciones en el aula, con materiales de fácil consecución. Para el autor, la técnica de demostración de cátedra le permite al docente mejorar la comprensión de los conceptos que pretende ilustrar en el aula de clase a sus alumnos. Debido, al ensayo previo, la construcción del modelo experimental, la elaboración del discurso y las preguntas a formular entre otras. En este caso particular, la relación directa con el presente estudio es el hecho de llevar a cabo prácticas de laboratorio empleando materiales de fácil consecución con la finalidad de hacer comprender la idea de que, a pesar no contar con laboratorios dotados, se pueden experimentar fenómenos físicos estudiados o por estudiar en clase empleando los materiales antes mencionados, como alternativa del laboratorio experimental formal.

García (2005) de la Universidad de Sevilla en España, presentó una propuesta de enseñanza titulada “El diodo como operador elemental en circuitos electrónicos”, desarrollando de esta manera una estrategia didáctica para enseñar circuitos electrónicos haciendo énfasis en el diodo como elemento rectificador de ondas en corriente alterna. Asimismo, al igual que en la presente investigación, el autor concibe la enseñanza de los circuitos desde el modelo constructivista acorde a las tendencias actuales en didáctica de las ciencias experimentales. Este investigador presentó un programa o guía de actividades indicando los fines didácticos y haciendo sugerencias a los docentes especialistas.

En relación a esto, Salami (2004), de la Universidad de Santa Catarina en Brasil, diseñó una propuesta titulada Actividades de experimentación con

materiales de bajo costo para la enseñanza de Física: capacitares y resistores, donde, abarcando la viabilidad de utilización de elementos constitutivos de un circuito RLC como lo son resistores y capacitares hechos de grafito depositado sobre papel, sobre cartulina, plástico, entre otros, lograron auxiliar o complementar el aprendizaje de electricidad, cálculo de resistencia equivalente en asociaciones tanto serie como paralelo de resistores y capacitares; así como, la dependencia de la capacitancia con el área, con la distancia entre las placas y con el formato de las placas. De esta manera se da a entender que bien sea mediante el reciclaje de dispositivos electrónicos o la elaboración de algunos de estos, mediante materiales de fácil adquisición, se pueden experimentar los fenómenos del electromagnetismo, tal es el caso del presente estudio, el cual versa sobre los circuitos RLC.

2.3. SUSTENTO TEÓRICO

2.3.1. Sustento Psicológico

El constructivismo supone que el sujeto construye sus propios conocimientos y que esa construcción está condicionada por los conocimientos previos, ya insertados en su estructura de pensamiento. Ausubel (2000) señala la importancia de enseñar sobre la base de “lo que el alumno ya sabe”. El investigar “lo que el alumno ya sabe” (p.94), dio lugar a la aparición de los preconceptos: ideas espontáneas que desarrollan los estudiantes en su intento por explicar distintos fenómenos que ocurren a su alrededor. Para él, resultaba más efectiva a la hora de enseñar, la metodología de tipo expositiva verbal, siempre y cuando fuera lo más elaborada y significativa posible, es decir, que los contenidos explicados estén conectados con los preexistentes en la mente del estudiante, pues esto implica una mayor comprensión de los contenidos.

Para lograr lo anterior elaboró una propuesta de organización, considerando un lenguaje claro y de fácil acceso para el educando, la cual consiste en: presentación inicial mediante organizador previo, presentación secuencial del contenido, con el apoyo de materiales didácticos diversos, presentación y análisis de ejemplos para encontrar puntos comunes y diferencias entre los conceptos tratados, referencias a la vinculación del contenido nuevo con el preexistente e integración final, mediante análisis, aclaraciones y conclusiones .

Ahora bien, una oportunidad de lograr lo anterior se encuentra en los trabajos prácticos de laboratorio, en este ámbito el docente puede lograr que el estudiante se enfrente a una situación problemática hábilmente presentada, entrando en un conflicto conceptual, producto de discrepancias entre sus conceptos ya arraigados y las evidencias que provee el trabajo experimental, pudiendo de esta manera modificar sus ideas previas y abandonar los esquemas mentales no científicos, si el caso lo amerita. Pero para ello es necesario que el docente halle la manera para que el estudiante reflexione críticamente acerca del fenómeno, que no lo conciba desde el punto de vista mecánico, sino que la práctica de laboratorio o demostración experimental logre despertar su interés.

En este sentido, las actividades experimentales traen consigo la posibilidad exclusiva de lograr que los estudiantes vivencien los fenómenos o hechos concretos que hagan significativas las teorías abstractas que los explican y, al mismo tiempo, son los que pueden generar experiencias de aprendizaje de los contenidos procedimentales y actitudinales que se imparten. De allí que, una estrategia didáctica enfocada en la demostración experimental de los circuitos RLC, como es el caso de la presente, sea muy pertinente.

Por otra parte, en cuanto a la enseñanza para lograr un aprendizaje significativo, Ausubel (2000) especifica unos criterios de competencias para que se dé el mismo: a) es necesario hacer que el sujeto muestre una actitud favorable hacia el aprendizaje significativo, b) el material, en este caso, las prácticas de

laboratorio o demostraciones experimentales en aula, que se vaya a enseñar debe ser potencialmente significativo para el estudiante, es decir, relacionable con sus estructuras de conocimiento, de modo intencional, y c) lo anterior depende tanto del contenido que se va a enseñar como de la estructura cognoscitiva del estudiante en particular (p.100-101). En cuanto a la naturaleza del material se establece la necesidad de que posea una significatividad lógica, y el hecho de hacer partícipe al estudiante en la construcción y posterior observación del fenómeno, es decir, de los circuitos RLC y la medición de sus parámetros para verificar las ecuaciones propias de este contenido de corriente alterna, pues, hace del mismo un aprendizaje para nada arbitrario o vago; sino más bien, relacionable intencional y sustancialmente con ideas pertinentes que se encuentren dentro del dominio de la capacidad del estudiante.

2.3.2. Sustento Sociológico

Atendiendo a los planteamientos del Currículo Básico Nacional, la Educación debe estar muy enfocada al aspecto social. Si bien, la educación por sí misma es un proceso socializador, este aspecto debe incorporarse a todas las actividades del mismo. Y la enseñanza y aprendizaje de la Ciencia, y específicamente, la física no han de ser la excepción. Esta última es un elemento que ha brindado grandes beneficios a la sociedad, en cuanto a sus avances y al uso de la tecnología, permitiendo, en el caso de las telecomunicaciones, por ejemplo, la integración de la misma.

Aunado a esto, es preciso considerar que, enseñar Física, debe permitir la conformación, en el individuo, de una visión del mundo. De la misma manera, debe permitir en el estudiante un acercamiento a la comprensión del mundo complejo actual, originado por los avances de la ciencia y la tecnología, de la que hacen parte los circuitos RLC los cuales están presentes en el entorno tecnológico de la sociedad, las crisis sociales y políticas, las reformas religiosas y económicas, las transformaciones materiales y espirituales y las innovaciones de la

bioingeniería, cibernética, informática, biofísica y telecomunicaciones, por nombrar sólo algunos ámbitos del conocimiento, que repercuten en el comportamiento individual y colectivo de la sociedad.

Es así como, Burbano (2001), considera que “la Enseñanza de la Física debe generar un espacio que fortalezca la cultura de los individuos” (p. 12). Es decir, debe propiciar que la cultura científica y tecnológica posibiliten actividades cotidianas que procuren crear un espacio, donde de tonifique el análisis, la creatividad y la convivencia de los hombres, aspectos que se considerarán para el desarrollo de esta investigación.

2.3.3. Sustento Pedagógico

El acto de enseñar debe inducir al docente a realizarse ciertas preguntas inherentes al cómo captar la atención del estudiante, para posteriormente hacer que fluya el conocimiento. Esta no es una labor a subestimar, por lo que el docente debe atender a teorías didácticas para lograr su objetivo, el aprendizaje de sus estudiantes. Enseñar Física no escapa de este planteamiento, pues como en otras ciencias experimentales, el docente tiene la responsabilidad de elaborar estrategias didácticas centradas en experimentos, considerando el contexto educativo en el cual está inmerso. Es por ello que, para Soussan (2003) éste debe siempre permanecer en una constante formación, con la finalidad de adquirir una mejoría en sus conocimientos científicos y, a su vez, iniciarse en la realización de modelajes físicos simples en clases, lo cual redundará en una mayor efectividad en las mismas (p.20-22).

Para este mismo autor, la Enseñanza de carácter experimental hace que los profesores se confronten con el proceso didáctico. Por lo cual, les recomienda que definan los objetivos de aprendizaje, construyan secuencias de clases en función de los mismos, diseñen prácticas didácticas y elaboren herramientas

necesarias para la realización de las mismas, analizar los datos de la experimentación en grupo con el fin de poner en evidencia los obstáculos a los aprendizajes y, por último, evaluar su enseñanza.

Es por esto que, se hace imprescindible, al momento de enseñar Física, y sobre todo en lo que respecta a conceptos tan abstractos como los concernientes al electromagnetismo, el cambiar el modelo tradicional de transmisión al de apropiación del conocimiento por parte del estudiante, pues es éste quien debe construir su propio aprendizaje orientado por el profesor. Para ello es requerido el cambio de las concepciones y prácticas didácticas del docente. Esta investigación se centra precisamente en esta idea, ya que pretende diseñar modelos de circuitos RLC, factibles a las condiciones de los centros educativos nacionales, permitiendo inducir al estudiante a determinar, mediante su observación, sus características y, además, a diferenciarlo de circuitos de corriente continua que es un contenido análogo abordado con anterioridad.

2.3.4. Sustento Conceptual

Con la finalidad de abordar, de una forma generalizada y objetiva, el contenido conceptual relativo a esta investigación, se presenta, seguidamente, unos tópicos fundamentales alusivos al caso de estudio, como lo son los Regímenes de los circuitos RLC en corriente alterna.

En primer lugar, se define corriente alterna por ser la forma de la corriente con la cual se han energizado los circuitos presentados en esta investigación. Para Sears y Zemanzky (2005), la corriente alterna es aquella cuya magnitud, sentido varían cíclicamente, siendo su forma de oscilación más común la de una oscilación sinusoidal (p.1181). Y uno de los circuitos más cotidiana y comúnmente usado para ser energizado con este tipo de corriente es el RLC.

Ahora bien, estos circuitos pueden estudiarse desde el punto de vista de dos periodos. Uno es el denominado Régimen transitorio y el otro, Permanente. Esta Investigación aborda los circuitos RLC en régimen Permanente, sin embargo, dada su importancia, ambos periodos han sido considerados en el siguiente apartado.

Régimen Transitorio

Para Universitas Miguel Hernández (2009), las características de un circuito en este régimen son:

- Un circuito antes de llegar a una situación estacionaria o régimen permanente pasa por un periodo de transición durante el cual tensiones y corrientes varían hasta llegar a la condición de equilibrio impuesta por la red.
- En general, cualquier proceso de conexión/desconexión hará que existan fenómenos transitorios. Éstos, aunque generalmente son de corta duración, pueden producir problemas serios en el funcionamiento de los circuitos.
- Este régimen transitorio viene condicionado por los componentes que almacenan energía: bobinas y condensadores.
- El análisis se realiza resolviendo las ecuaciones diferenciales que resultan de aplicar las reglas de Kirchhoff (comúnmente llamadas Leyes) y determinando las constantes de integración que resultan de las condiciones iniciales del circuito.

- Este método es sencillo de aplicar en circuitos simples, 1^{er} orden y 2^o orden, pero es complicado para circuitos de orden superior (Transformada de Laplace).

Ecuación diferencial y condiciones iniciales

Tras aplicar las reglas de Kirchoff a los circuitos de 1^o y 2^o orden se obtienen ecuaciones como estas:

$$a \frac{df(t)}{dt} + b \cdot f(t) = g(t)$$

$$a \frac{d^2 f(t)}{dt^2} + b \frac{df(t)}{dt} + c \cdot f(t) = g(t)$$

Donde a,b,c son valores constantes.

La solución completa de una ecuación (Ec.) diferencial lineal (con coeficientes constantes.) se compone de dos sumandos:

1. Solución general (de la ecuación homogénea):

Se obtiene resolviendo la ecuación cuando g(t) se hace cero, es decir cuando se anula la excitación del circuito (se considera únicamente la energía almacenada en los elementos reactivos). Esta solución se conoce como respuesta natural, propia o libre, $f_n(t)$.

2. Solución particular:

Depende del tipo de excitación del circuito. Esta solución se conoce como **respuesta forzada**, $f_f(t)$.

Solución completa = solución general + solución particular

$$f(t) = f_n(t) + f_f(t)$$

Condiciones iniciales de los elementos

Para determinar las constantes de integración es necesario conocer el estado del circuito en un instante de tiempo determinado. En la práctica este instante se hace coincidir con la conexión o desconexión de los interruptores. Por conveniencia se toma $t=0$, de tal forma que $t=0^-$ representa el instante inmediatamente anterior a la conmutación y $t=0^+$ el inmediato posterior.

El estado del circuito en $t=0^-$ se define con la tensión en bornes de capacidades e intensidades por las bobinas. Estas condiciones se conocen como condiciones iniciales.

Para evaluar las constantes de integración en $t=0^+$ hay que tener en cuenta que variables son continuas en $t=0$ (es decir $f(0^-) = f(0^+)$).

Para la Resistencia:

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

La tensión sigue instantáneamente las variaciones de la corriente.

Para el Capacitor:

$$i(t) = C \cdot \frac{dv_c(t)}{dt}$$

La tensión no puede variar de forma instantánea ($i(t) \rightarrow \infty$), entonces $v_c(0^-) = v_c(0^+) = v_c(0)$.

En corriente continua (c.c.), régimen permanente $t \rightarrow \infty$, C= circuito abierto.

Para la Inductancia:

$$v(t) = L \cdot \frac{di_L(t)}{dt}$$

La corriente no puede variar de forma instantánea ($v(t) \rightarrow \infty$), entonces $i_L(0^-) = i_L(0^+) = i_L(0)$.

En c.c., régimen permanente $t \rightarrow \infty$, L= cortocircuito.

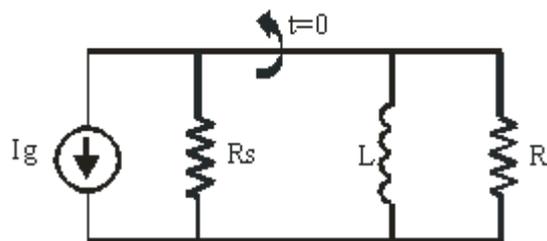
Respuesta a Circuitos de Primer Orden

Circuitos de 1r orden:

Son circuitos con un elemento almacenador de energía o varios que puedan ser sustituidos por uno equivalente.

Respuesta natural de un circuito RL

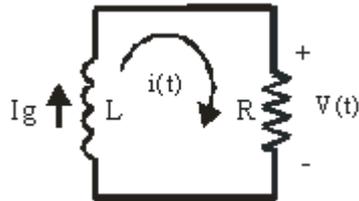
Calculando la evolución de la corriente $i(t)$ en el circuito RL cuando se desconecta la fuente de energía.



El interruptor ha permanecido mucho tiempo cerrado.

Para t menor que 0 toda la corriente circulaba por la bobina (L cortocircuitada) entonces $i_L(t=0^-) = I_g$ (condición inicial).

Si se abre el interruptor, el circuito queda:



Aplicando la regla de Kirchoff de las tensiones:

$$v_L + v_R = 0 \quad L \frac{di}{dt} + Ri = 0 \quad (1)$$

Solución general de este tipo de ecuaciones:

$$i(t) = Ae^{st} \quad A, s = \text{ctes.} \quad (2)$$

Cálculo de s :

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$Lase^{st} + R Ae^{st} = 0 \Rightarrow Ae^{st}(Ls + R) = 0 \quad (3)$$

Descartando la solución trivial $A=0$

$$Ls + R = 0 \quad \boxed{s = -\frac{R}{L}} \quad (4)$$

Cálculo de A :

$t=0 \rightarrow (2)$ y condiciones iniciales.

$$i(0) = A \quad \text{también} \quad i(0^-) = i(0^+) = I_g \quad (5)$$

Sustituyendo (5) y (4) en (2)

$$i(t) = I_g e^{-\frac{R}{L}t} \quad t \geq 0 \quad (6)$$

La $i(t)$ se decreta exponencialmente a una velocidad que depende del coeficiente R/L . A su recíproco se le denomina constante de tiempo $\tau=L/R$. Este parámetro es importante ya que establece la frontera entre régimen transitorio y permanente ($t \geq 5\tau$).

$$v(t) = i(t) \cdot R \quad v(t) = R \cdot I_g e^{-\frac{R}{L}t} \quad t \geq 0^+ \quad (7)$$

(6) está definida para $t \geq 0$ por la condición de continuidad de la I

(7) está definida para $t \geq 0^+$, en $t=0$ existe discontinuidad de la V ($V(0^-)=0$, $V(0^+)=RI_g$)

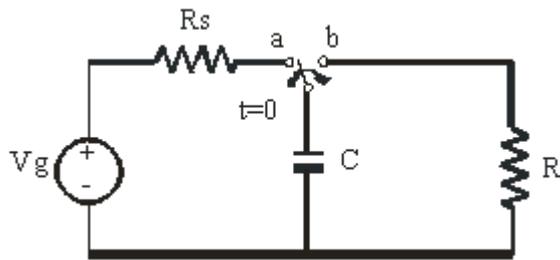
Respuesta natural de un circuito RC

Calculando la evolución de la tensión $v(t)$ en el circuito RC cuando se desconecta la fuente.

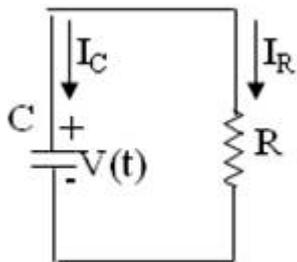
El conmutador ha permanecido mucho tiempo en a.

Condiciones iniciales:

$$t < 0 \quad (C = \text{cto. ab.} \rightarrow V_c(t=0^-) = V_g)$$



Si se pasa el conmutador de $a \rightarrow b$ el circuito queda:



Aplicando la regla de Kirchoff de las corrientes:

$$I_C + I_R = 0 \quad C \frac{dv}{dt} + \frac{v}{R} = 0 \quad (8)$$

Solución general:

$$v(t) = Ae^{st} \quad A, s = \text{ctes.} \quad (9)$$

Cálculo de s:

(9) \rightarrow (8)

$$CAse^{st} + \frac{A}{R}e^{st} = 0 \Rightarrow Ae^{st} \left(Cs + \frac{1}{R} \right) = 0 \quad (10)$$

Descartando $A=0$

$$Cs + \frac{1}{R} = 0 \quad \boxed{s = -\frac{1}{RC}} \quad (11)$$

Cálculo de A:

$t=0 \rightarrow (9)$ y condiciones iniciales

$$v(0) = A \quad \text{también} \quad v(0^-) = v(0^+) = V_g \quad (12)$$

Sustituyendo (12) y (11) en (9)

$$v(t) = V_g e^{-\frac{1}{RC}t} \quad t \geq 0 \quad (13)$$

En este caso $\tau=RC$ donde $R = R_{\text{equi}}$ que "ve" C

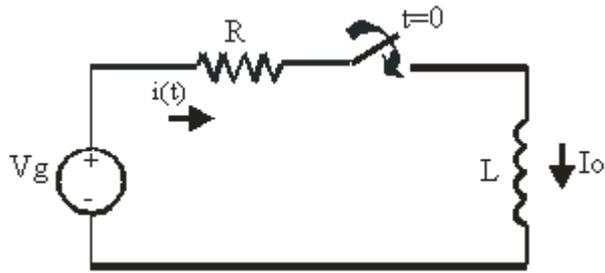
$$i(t) = \frac{v(t)}{R} \quad i(t) = \frac{V_g}{R} e^{-\frac{1}{RC}t} \quad t \geq 0^+ \quad (14)$$

(13) está definida para $t \geq 0$ por la condición de continuidad de la V

(14) está definida para $t \geq 0^+$, en $t=0$ existe discontinuidad de la I ($I(0^-)=0$, $I(0^+)=V_g/R$)

Respuesta al escalón de un circuito RL

Calculando la evolución de la corriente $i(t)$ en el circuito RL cuando se conecta a una fuente.



El interruptor ha permanecido abierto mucho tiempo.

Condición inicial $t < 0$; L puede tener energía almacenada que se traduce en una corriente inicial no nula ($i_L(0^-) = I_o$).

En $t=0$ se cierra el interruptor:

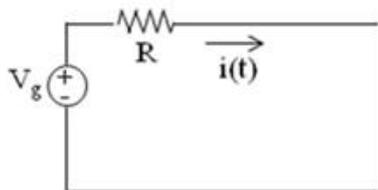
Aplicando la regla de Kirchoff de las Tensiones:

$$v_L + v_R = V_g \quad L \frac{di}{dt} + Ri = V_g \quad \text{ec. completa} \quad (15)$$

Solución completa = (solución particular + solución general):

Solución particular = valor final de la variable [$i(t=\infty)$]

En $t=\infty$ se alcanza régimen estacionario (c.c.) \rightarrow L corto circuito.



$$i(t = \infty) = \frac{V_g}{R}$$

Solución completa = (solución particular + solución general):

$$i(t) = \frac{V_g}{R} + Ae^{st} \quad A, s = \text{ctes.} \quad (16)$$

Cálculo de s:

(16)→(15)

$$L A s e^{st} + R \frac{V_g}{R} + R A e^{st} = V_g \Rightarrow A e^{st} (Ls + R) = 0 \quad (17)$$

Descartando A= 0

$$Ls + R = 0 \quad \boxed{s = -\frac{R}{L}} \quad (18)$$

Cálculo de A:

t=0→(16) y condiciones iniciales.

$$i(0^-) = V_g / R + A \quad \text{también} \quad i(0^-) = i(0^+) = I_o \quad (19)$$

$$I_o = \frac{V_g}{R} + A \quad A = I_o - \frac{V_g}{R} \quad (20)$$

Sustituyendo (18) y (20) en (16)

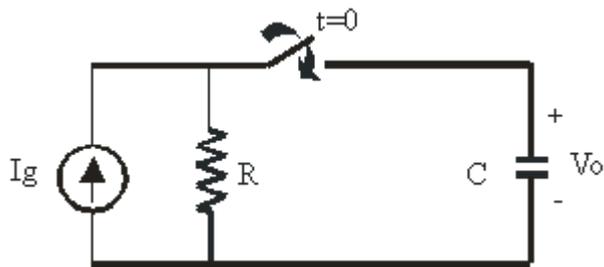
$$i(t) = \frac{V_g}{R} + \left(I_o - \frac{V_g}{R} \right) e^{-\frac{R}{L}t} \quad t \geq 0 \quad (21)$$

Aplicando la ley de Ohm para cálculo de v(t), definida para t≥0⁺.

$$v(t) = i(t) \cdot R = V_g + \left(I_o R - V_g \right) e^{-\frac{R}{L}t} \quad t \geq 0^+$$

Respuesta al escalón de un circuito RC

Calculando la evolución de la tensión $v(t)$ en el circuito RC cuando se conecta la fuente.



El interruptor ha permanecido mucho tiempo abierto.

Condición inicial $t < 0$; C puede tener energía almacenada que se traduce en una tensión inicial no nula ($V_c(0) = V_o$).

En $t=0$ se cierra el interruptor:

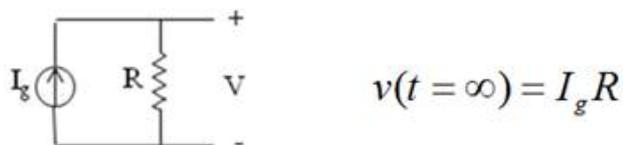
Aplicando la regla de Kirchoff de las corrientes:

$$i_C + i_R = I_g \quad C \frac{dv}{dt} + \frac{v}{R} = I_g \quad \text{ec. completa} \quad (22)$$

Solución completa = (solución particular + solución general):

Solución particular = valor final de la variable [$v(t=\infty)$]

En $t=\infty$ se alcanza régimen estacionario (c.c.) \rightarrow C circuito abierto.



Solución completa = (solución particular + solución general):

$$v(t) = I_g R + A e^{st} \quad A, s = \text{ctes.} \quad (23)$$

Cálculo de s:

Es la misma que la respuesta natural.

$$\boxed{s = -\frac{1}{RC}} \quad (24)$$

Cálculo de A:

$t=0 \rightarrow$ (23) y condiciones iniciales

$$v(0) = I_g R + A \quad \text{también} \quad v(0^-) = v(0^+) = V_o \quad (25)$$

Sustituyendo (24) y (25) en (23)

$$v(t) = I_g R + (V_o - I_g R) e^{-\frac{t}{RC}} \quad t \geq 0 \quad (26)$$

Aplicando la ley de Ohm para cálculo de $i(t)$, definida para $t \geq 0^+$.

Fórmula general para circuitos de 1er orden

La solución al circuito RL y RC que engloba la respuesta natural y la respuesta escalón se puede generalizar:

$$\boxed{f(t) = f(\infty) + (f(0) - f(\infty)) e^{-\frac{t}{\tau}}} \quad t \geq 0 \quad (27)$$

Valor inicial $f(0)$: establecido por las condiciones iniciales del circuito en cuanto a la energía almacenada en L y C.

$$\text{Valor final } f(\infty) \begin{cases} \text{Resp. natural: } f(\infty) = 0. \\ \text{Resp. escalón: impuesta por el circuito.} \end{cases}$$

Respuesta de Circuitos de Segundo Orden

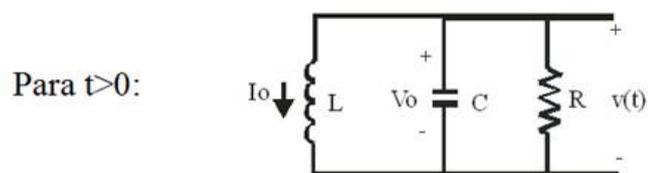
Circuitos de 2º orden:

Son circuitos con dos elementos "irreducibles" que almacenan energía.

Se estudia sólo las configuraciones RLC serie y paralelo.

Respuesta natural de un circuito RLC paralelo

Calculando la evolución de la tensión $v(t)$ en el circuito cuando se desconecta la fuente.



Condiciones iniciales ($t < 0$):

v_0 voltaje inicial en el C } Representan la energía
 i_0 corriente inicial en la L } inicialmente almacenada.

Aplicando la regla de Kirchoff de las corrientes al circuito para $t > 0$:

$$\sum i = 0 \quad i_R + i_L + I_o + i_C = 0 \quad (28)$$

$$\frac{v(t)}{R} + \frac{1}{L} \int_0^t v(t) dt + i_0 + C \frac{dv(t)}{dt} = 0 \quad (29)$$

Derivando y dividiendo entre C:

$$\frac{d^2 v(t)}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{dv(t)}{dt} + \frac{v(t)}{LC} = 0 \quad (30)$$

Es una Ecuación Diferencial ordinaria de 2º orden con coeficientes constantes. Solución del tipo de 1º orden:

$$v(t) = Ae^{st} \quad (31)$$

Cálculo de s: (31) → (30)

$$As^2 e^{st} + \frac{1}{RC} Ase^{st} + \frac{Ae^{st}}{LC} = 0 \Rightarrow Ae^{st} \left(s^2 + \frac{s}{RC} + \frac{1}{LC} \right) = 0 \quad (32)$$

Descartando la solución trivial $A = 0$:

$$s_1 = -\frac{1}{2RC} + \sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \quad (33)$$

$$s_2 = -\frac{1}{2RC} - \sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \quad (34)$$

$$\alpha = \frac{1}{2RC} \quad \text{factor de amortiguamiento}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \text{frecuencia de resonancia (en rad/s)}$$

Dependiendo de los valores de α y ω_0 la respuesta natural variará.

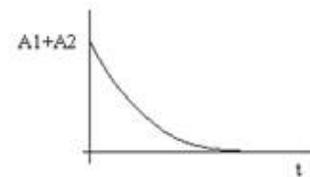
Se distinguen 3 **tipos de respuesta** en circuitos de 2° orden:

- $\alpha > \omega_0$ Respuesta sobreamortiguada.
- $\alpha < \omega_0$ Respuesta subamortiguada.
- $\alpha = \omega_0$ Respuesta con amortiguamiento crítico.

Respuesta Sobreamortiguada

$$s_1 \neq s_2 \quad \text{reales}$$

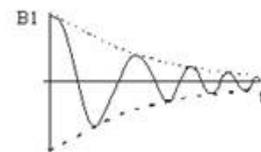
$$v(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$



Respuesta Subamortiguada

$$s_1, s_2 \quad \text{complejas}$$

$$v(t) = B_1 e^{-\alpha t} \cos \omega_d t + B_2 e^{-\alpha t} \sin \omega_d t$$

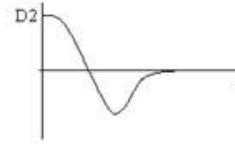


$$\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} \quad \text{frecuencia de amortiguamiento}$$

Respuesta con amortiguamiento Crítico

$$s_1 = s_2 = -\alpha \quad \text{reales e iguales}$$

$$v(t) = D_1 t e^{-\alpha t} + D_2 e^{-\alpha t}$$



Cálculo de las constantes (aplicando condiciones iniciales y continuidad):

$$v(0^-) = v(0^+) = v_0$$

De la ecuación (28) en $t=0^+$ se deduce:

$$i_c(0^+) = -i_R(0^+) - i_L(0^+) = -\left(\frac{v_0}{R} + i_0\right), \text{ además:}$$

$$i_c(0^+) = C \frac{dv(0^+)}{dt} \Rightarrow \frac{dv(0^+)}{dt} = \frac{i_c(0^+)}{C} = -\frac{1}{C} \left(\frac{v_0}{R} + i_0\right) \quad (35)$$

Particularizando cada respuesta

1. Respuesta sobreamortiguada:

$$v(0^+) = A_1 + A_2 = v_0$$

$$\frac{dv(0^+)}{dt} = -\frac{1}{C} \left(\frac{v_0}{R} + i_0\right) = s_1 A_1 + s_2 A_2$$

2. Respuesta subamortiguada:

$$v(0^+) = v_0 = B_1$$

$$\frac{dv(0^+)}{dt} = -\frac{1}{C} \left(\frac{v_0}{R} + i_0\right) = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$$

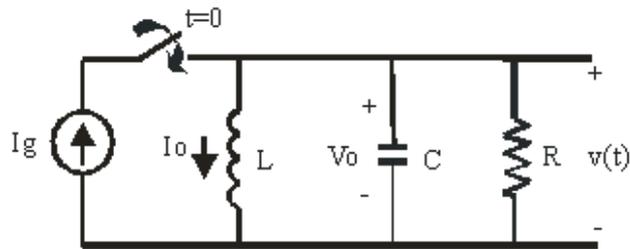
3. Respuesta con amortiguamiento crítico:

$$v(0^+) = v_0 = D_2$$

$$\frac{dv(0^+)}{dt} = -\frac{1}{C} \left(\frac{v_0}{R} + i_0 \right) = D_1 - \alpha D_2$$

Respuesta al escalón de un circuito RLC paralelo

Calculando la evolución de la tensión $v(t)$ en el circuito cuando se conecta la fuente.



Condiciones iniciales ($t < 0$): $I_0, v_0 \rightarrow$ energía almacenada

Aplicamos KCL para $t > 0$:

$$\sum i = 0 \quad i_R + i_L + I_o + i_C = I_g \quad (36)$$

$$\frac{v(t)}{R} + \frac{1}{L} \int_0^t v(t) dt + i_0 + C \frac{dv(t)}{dt} = I_g$$

Derivando y dividiendo entre C:

$$\frac{d^2 v(t)}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{dv(t)}{dt} + \frac{v(t)}{LC} = 0 \quad (37)$$

Ecuación idéntica a la respuesta natural (29). Sólo cambia el cálculo de las constantes.

De la ecuación (36) en $t=0^+$ se deduce:

$$i_C(0^+) = I_g - i_R(0^+) - i_L(0^+) = I_g - \frac{v_0}{R} - i_0, \text{ además:}$$

$$i_C(0^+) = C \frac{dv(0^+)}{dt} \Rightarrow \frac{dv(0^+)}{dt} = \frac{i_C(0^+)}{C} = \frac{1}{C} \left(I_g - \frac{v_0}{R} - i_0 \right)$$

Particularizando cada respuesta

1. Respuesta sobreamortiguada:

$$v(0^+) = A_1 + A_2 = v_0$$

$$\frac{dv(0^+)}{dt} = \frac{1}{C} \left(I_g - \frac{v_0}{R} - i_0 \right) = s_1 A_1 + s_2 A_2$$

2. Respuesta subamortiguada:

$$v(0^+) = v_0 = B_1$$

$$\frac{dv(0^+)}{dt} = \frac{1}{C} \left(I_g - \frac{v_0}{R} - i_0 \right) = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$$

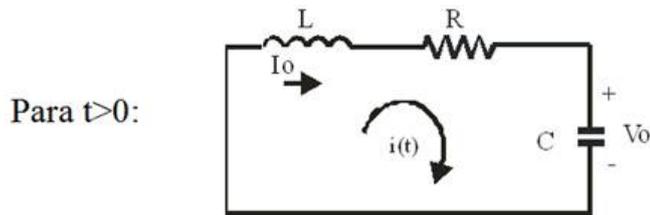
3. Respuesta con amortiguamiento crítico:

$$v(0^+) = v_0 = D_2$$

$$\frac{dv(0^+)}{dt} = \frac{1}{C} \left(I_g - \frac{v_0}{R} - i_0 \right) = D_1 - \alpha D_2$$

Respuesta natural de un circuito RLC serie

Calculando la evolución de la corriente $i(t)$ en el circuito cuando se desconecta la fuente.



Condiciones iniciales ($t < 0$):

v_0 voltaje inicial en el C } Representan la energía
 i_0 corriente inicial en la L } inicialmente almacenada.

Aplicando la regla de Kirchoff de las Tensiones al circuito para $t > 0$:

$$\sum v = 0 \quad v_R + v_C + v_L + v_0 = 0 \quad (38)$$

$$Ri(t) + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt + L \frac{di(t)}{dt} + v_0 = 0 \quad (39)$$

Derivando y dividiendo entre L:

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t)}{LC} = 0 \quad (40)$$

Es una Ecuación Diferencial ordinaria de 2º orden con coeficientes constantes. Solución del tipo de 1º orden:

$$i(t) = Ae^{st} \quad (41)$$

Cálculo de s: (41)→(40)

$$As^2e^{st} + \frac{R}{L}Ase^{st} + \frac{Ae^{st}}{LC} = 0 \Rightarrow Ae^{st}\left(s^2 + \frac{Rs}{L} + \frac{1}{LC}\right) = 0$$

Descartando la solución trivial A=0.

Calculando las raíces del polinomio característico:

$$s_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

$$s_2 = -\frac{R}{2L} - \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

$$\alpha = \frac{R}{2L} \quad \text{factor de amortiguamiento}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \text{frecuencia de resonancia (en rad/s)}$$

El tipo de respuesta se calcula igual al caso paralelo.

Cálculo de las constantes (utilizando condiciones iniciales y continuidad)

$$i(0^-) = i(0^+) = i_0 \quad \rightarrow \text{condición inicial de la bobina}$$

De la ecuación (39) en $t=0^+$ se deduce:

$$v_L(0^+) = -v_R(0^+) - v_C(0^+) = -(i_0R + v_0), \text{ además:}$$

$$v_L(0^+) = L \frac{di(0^+)}{dt} \Rightarrow \frac{di(0^+)}{dt} = \frac{v_L(0^+)}{L} = -\frac{1}{L}(i_0R + v_0) \quad (43)$$

Particularizando cada respuesta

1. Respuesta sobreamortiguada:

$$i(0^+) = A_1 + A_2 = i_0$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = -\frac{1}{L}(i_0 R + v_0) = s_1 A_1 + s_2 A_2$$

2. Respuesta subamortiguada:

$$i(0^+) = i_0 = B_1$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = -\frac{1}{L}(i_0 R + v_0) = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$$

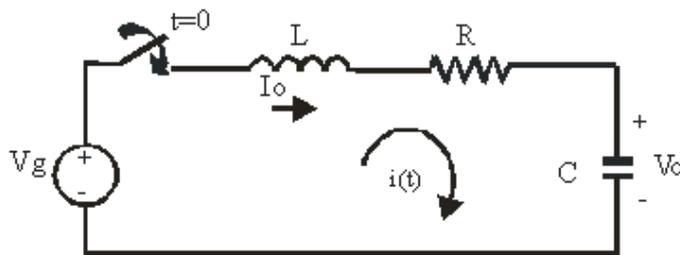
3. Respuesta con amortiguamiento crítico:

$$i(0^+) = i_0 = D_2$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = -\frac{1}{L}(i_0 R + v_0) = D_1 - \alpha D_2$$

Respuesta a un escalón de un circuito RLC serie

Calculando la evolución de la corriente $i(t)$ en el circuito cuando se conecta la fuente.



Condiciones iniciales ($t < 0$): $I_0, v_0 \rightarrow$ energía almacenada

Aplicando la regla de Kirchoff de las tensiones para $t > 0$:

$$\sum v = 0 \quad v_R + v_C + v_L + v_O = V_g \quad (44)$$

$$Ri(t) + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt + L \frac{di(t)}{dt} + v_0 = V_g \quad (45)$$

Derivando y dividiendo por L:

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t)}{LC} = 0 \quad (46)$$

Idéntica a la respuesta natural del circuito RLC serie.

El cálculo de las constantes varía:

$$i(0^-) = i(0^+) = i_0 \rightarrow \text{condición inicial de la bobina}$$

De la ecuación (44) en $t=0^+$ se deduce:

$$v_L(0^+) = V_g - v_R(0^+) - v_C(0^+) = V_g - i_0 R - v_0, \text{ además:}$$

$$v_L(0^+) = L \frac{di(0^+)}{dt} \Rightarrow \frac{di(0^+)}{dt} = \frac{v_L(0^+)}{L} = \frac{1}{L} (V_g - i_0 R - v_0) \quad (47)$$

Particularizando cada respuesta

1. Respuesta sobreamortiguada:

$$i(0^+) = A_1 + A_2 = i_0$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{1}{L} (V_g - i_0 R - v_0) = s_1 A_1 + s_2 A_2$$

2. Respuesta subamortiguada:

$$i(0^+) = i_0 = B_1$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{1}{L} (V_g - i_0 R - v_0) = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$$

3. Respuesta con amortiguamiento crítico:

$$i(0^+) = i_0 = D_2$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{1}{L} (V_g - i_0 R - v_0) = D_1 - \alpha D_2 \quad (48)$$

Resolución de circuitos de 2º orden

Encontrando la ecuación diferencial de 2º orden que corresponde al circuito problema:

$$\boxed{\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + 2\alpha \frac{dx(t)}{dt} + \omega_o^2 x(t) = 0} \quad (49)$$

Donde:

$x(t) = v(t)$ en circuitos RLC paralelo

$x(t) = i(t)$ en circuitos RLC serie

En este mismo orden de ideas se presente el siguiente caso para los circuitos lineales de primer y segundo orden con excitación sinusoidal. Así como también la aplicación de Fasores. Los cuales para Sears y Zemansky (2005), son una entidad geométrica que ayudan a obtener y analizar cantidades físicas que varían de forma sinusoidal con el tiempo (p.1182).

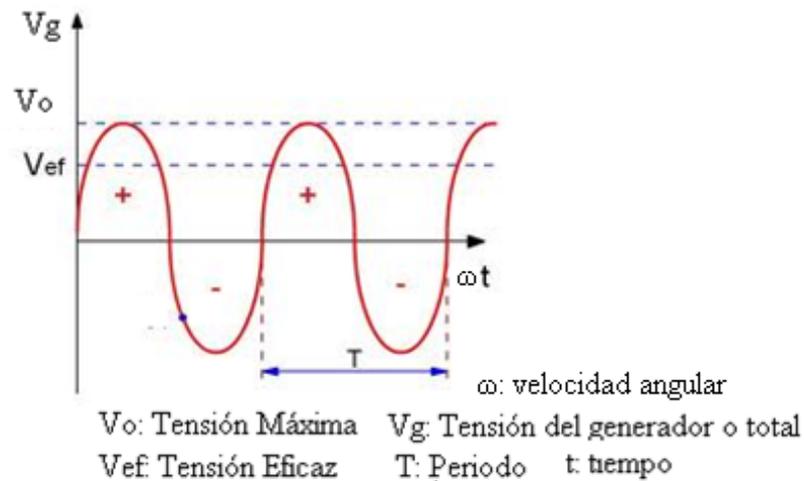
Según los fundamentos teóricos plasmados en Campomanes (1990) y Tipler (2010). Para Tipler (2010), un circuito es un conjunto de elementos eléctricos, tanto activos como pasivos (generadores, resistencias, bobinas, condensadores...), es decir los que suministran energía y los que la consumen; conectados entre sí de una manera determinada (p.955). Tanto los elementos que se conecten como las conexiones que se hagan entre ellos son los que diferencian uno u otro circuito. Para resolver un circuito (hallar la intensidad y el voltaje en cada uno de sus puntos) se emplea la teoría de circuitos, la cual realiza las siguientes suposiciones:

- Suponiendo la corriente estacionaria, es decir, dada cualquier superficie que corte al circuito, la intensidad que entra por un punto tiene que salir integra por el otro. Esto da la posibilidad de aplicar las reglas de Kirchoff.
- Las resistencias son las únicas responsables de la disipación de energía (la resistividad en el resto del circuito es 0).
- Las bobinas son los únicos elementos en los que se acumula energía en forma de campo magnético (la autoinductancia en el resto del circuito es 0).
- Únicamente los condensadores acumulan energía en forma de campo eléctrico (no hay acumulación de carga en ningún otro punto).

En el título, las palabras “lineales de primer y segundo orden” hacen referencia a la ecuación diferencial que gobierna el estado del circuito. Para Campomanes (1990), esta es la ecuación fundamental de la teoría de circuitos, y se deriva directamente de las leyes de Kirchoff, Faraday-Lentz y Ohm.

$$L \frac{dI(t)}{dt} + RI(t) + \frac{1}{C} \int I(t)dt = V_g \quad (1)$$

Esta es una ecuación lineal de segundo orden (circuito de segundo orden) sólo si coexisten en el mismo circuito un condensador y una bobina. En cualquier otro caso será de primer orden (circuito de primer orden). Esto quiere decir que los circuitos RL y RC serán de primer orden y los RLC de segundo (p.1000).



Forma de onda Sinusoidal de la Tensión del generador en Corriente alterna

El término “excitación sinusoidal” hace referencia al término inhomogéneo de la ecuación (1). Es decir, se resuelve dicha ecuación teniendo en cuenta que V_g tiene una forma sinusoidal, se utiliza la notación compleja por simplicidad aplicando la identidad de Euler, pero el valor del voltaje o la intensidad que interesa es sólo su parte real, de allí que: $V_g = V_0 \text{ Sen}(\omega t) = V_0 e^{i\omega t}$; siendo V_0 el valor máximo de la señal sinusoidal de la tensión de la fuente, de forma que la ecuación (1) queda como la siguiente:

$$L \frac{dI(t)}{dt} + RI(t) + \frac{1}{C} \int I(t) dt = V_0 e^{i\omega t} \quad (2)$$

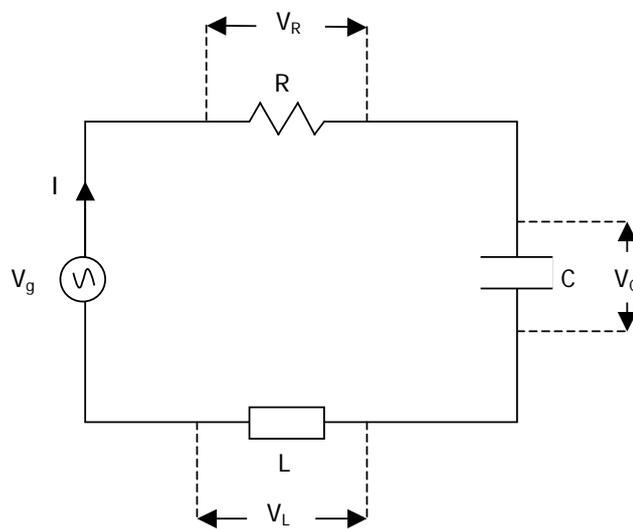
Por otro lado es importante considerar los fundamentos analíticos referentes a las deducciones de las ecuaciones para estos circuitos, De allí que, en Tipler (2010), se observe lo siguiente:

Deducción de la ecuación fundamental de la teoría de circuitos a partir de las leyes de Kirchoff.

Se enuncian las leyes de Kirchoff de la siguiente forma:

1. La suma de las intensidades que entran en un nodo es igual a la suma de las intensidades que salen del mismo.
2. La suma de las caídas de potencial a lo largo de una malla es nula (p.1019)

Al solucionar un circuito RLC en serie como el que se muestra seguidamente, se aplican las Leyes de Kirchoff .



Circuito RLC en serie (circuito estudiado).

Recorriendo el circuito en sentido horario para la aplicación de la segunda ley de Kirchoff se obtiene lo siguiente:

$$V_g = V_L + V_R + V_C \quad (1.1)$$

Expresando estas caídas de potencial en función de la intensidad:

En una bobina inmersa en su propio campo magnético, la fuerza electromotriz inducida por ella en ella misma responde a la ley de Faraday-Lentz, que es la siguiente (expresando el flujo en función de la intensidad que circula por la propia bobina):

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \quad (1.2)$$

Sin embargo, según Campomanes (1990), debido a que esta fuerza electromotriz inducida produce un campo magnético que se opone al que la genera (ley de Lentz), y el que la genera es proporcionado por una corriente que circula por la misma bobina, resulta consecuente con esto que esta f.e.m. represente en este circuito (teniendo en cuenta el sentido en el que aplicamos la segunda ley de Kirchoff) una caída de potencial positiva (del mismo signo que la caída de potencial en a resistencia). Esto es $V_L = -\varepsilon$ (p. 1012)

La caída de potencial en la resistencia es, según la ley de Ohm el producto de la intensidad por la resistencia de la misma.

A su vez se coloca la caída de potencial entre las placas del condensador como el cociente entre la carga y su capacidad. A su vez, se puede decir que la carga del condensador es la integral temporal de la intensidad. Debido al

sentido en el que hemos aplicado la segunda ley de Kirchoff esta diferencia de potencial representará una caída de potencial positiva.

Estos tres párrafos quedan resumidos en lo siguiente:

$$\begin{aligned}V_L &= L \frac{dI(t)}{dt} \\V_R &= RI(t) \\V_C &= \frac{1}{C} \int I(t) dt\end{aligned}\quad (1.3)$$

De forma que la ecuación (1.1) queda de la siguiente forma:

$$L \frac{dI(t)}{dt} + RI(t) + \frac{1}{C} \int I(t) dt = V_g \quad (1.4)$$

Esta es la llamada “ecuación fundamental de la teoría de circuitos”.

En cuanto a la Resolución de la ecuación (2):

La ecuación a resolver es la siguiente:

$$L \frac{dI(t)}{dt} + RI(t) + \frac{1}{C} \int I(t) dt = V_0 e^{i\omega t} \quad (2.1)$$

Si se deriva la misma se obtiene una ecuación de segundo orden:

$$L \frac{d^2 I(t)}{dt^2} + R \frac{dI(t)}{dt} + \frac{1}{C} I(t) = i\omega V_0 e^{i\omega t} \quad (2.2)$$

Teniendo que buscar una solución general de la ecuación homogénea y una particular de la ecuación completa. La primera da información, como ya se sabe, acerca del régimen transitorio del circuito, mientras que la segunda sobre el régimen permanente. Al tratar circuitos bajo tensión sinusoidal se supone que siempre estaban conectados a la misma fuente (régimen permanente), de modo que se obvia la resolución de la ecuación homogénea, conformándose sólo con la particular de la completa. Se ha de tener en cuenta que la se resuelve para el circuito RLC. La solución correspondiente a los circuitos RL y RC se puede obtener a partir de la de circuito RLC haciendo $C \rightarrow \infty$ o $L \rightarrow 0$ respectivamente.

Si se supone que la solución que se busca es de tipo sinusoidal (al ser I_0 complejo, se puede considerar en principio un desfase entre la intensidad y el voltaje incluyéndolo en este término):

$$I_p(t) = I_0 e^{i\omega t} \quad (2.3)$$

Al sustituir en la ecuación (2.2) se obtiene:

$$\left(-\omega^2 L I_0 + i\omega R I_0 + \frac{I_0}{C} \right) e^{i\omega t} = i\omega V_0 e^{i\omega t} \quad (2.4)$$

$$V_0 = I_0 \left(R + i \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right) \quad (2.5)$$

Habiendo definido la impedancia del circuito (Z) como el número complejo cuyo módulo es $|Z|$ y argumento $-\phi$:

$$Z = R + i\omega L + \frac{1}{i\omega C} = |Z|e^{-i\phi} \quad (2.6)$$

Donde:

$$\phi = \arctg \left(\frac{1}{\omega RC} - \frac{\omega L}{R} \right) \quad (2.8)$$

De modo que:

$$I_0 = \frac{V_0}{|Z|} e^{i\phi} \quad (2.8)$$

Que es lo siguiente:

$$I_p(t) = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} e^{i\phi} e^{i\omega t} \quad (2.9)$$

Nuevamente, para Campomanes (1990), se advierte que si lo que ocupa es un circuito RL, desaparece el término capacitivo ($C \rightarrow \infty$); si lo que se tiene es un circuito RC, desaparece el término inductivo ($L \rightarrow 0$) (p. 1015). El caso de un circuito RLC es el más general y corresponde a la expresión (2.9).

Ahora bien, analizando el comportamiento de los siguientes circuitos energizados sinusoidalmente:

1. Circuito RL:

Este tipo de circuito es aquel en el que no hay elementos capacitivos. Únicamente se conecta una bobina en serie con una resistencia a una fuente de potencial (V_g) que, como se mencionó anteriormente, es de la forma $V_0 \text{Sen}(\omega t) = V_0 e^{i\omega t}$. Esquematizando, se puede representar como en la figura siguiente.

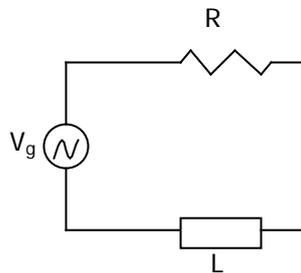


Fig. 1. Montaje de un circuito RL.

Como ya es sabido, la resolución de la ecuación (2) para este tipo de circuito en régimen permanente lleva al resultado siguiente:

$$I(t) = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} e^{i(\omega t + \phi)} \quad (3)$$

Donde se debe tener en cuenta:

$$\phi = -\text{arctg}\left(\frac{\omega L}{R}\right) < 0 \quad (4)$$

Se analiza por separado la amplitud y la fase de la intensidad:

Comprobando que la amplitud de la señal es decreciente con la frecuencia de la misma, de modo que el circuito eliminará las señales de frecuencias altas. Esto hace que se pueda usar como un filtro pasa-bajo, es decir, un filtro que elimine de una cierta señal las frecuencias altas.

En cuanto a la fase, se puede observar que existe un desfase entre la señal de voltaje y la de intensidad que es precisamente el argumento cambiado de signo de la impedancia compleja del circuito. Este desfase es negativo, es decir, hay un retardo en la fase de la intensidad respecto a la del voltaje como puede observarse en la siguiente figura.

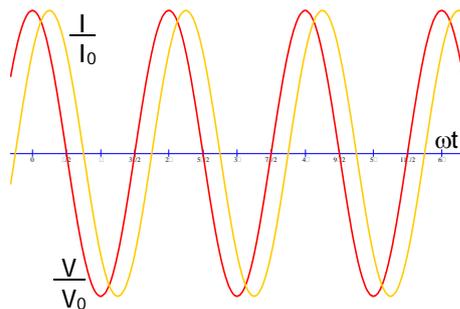


Fig.2. Representación gráfica de la señal de voltaje y de intensidad frente al tiempo. Puede observarse cómo para un mismo tiempo la fase del voltaje (rojo) es la misma que tendrá la intensidad (naranja) en un instante posterior.

2. Circuito RC:

El montaje de uno de estos circuitos consiste en la conexión en serie de un condensador y una resistencia a una fuente de potencial $V_g = V_0 \text{ Sen}(\omega t) = V_0 e^{i\omega t}$; el cual se puede esquematizar así:

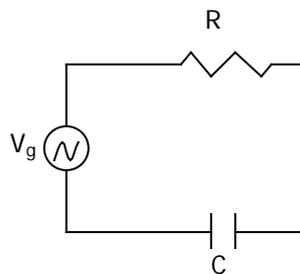


Fig.3. Montaje de un circuito RC.

De esta manera, acudiendo al fundamento teórico inicial, se puede conocer la solución de la ecuación (2) para este circuito en régimen permanente. Así se obtiene que la intensidad que lo recorre es de la forma:

$$I(t) = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} e^{i(\omega t + \phi)} \quad (5)$$

Donde se ha de tener en cuenta:

$$\phi = \text{arctg}\left(\frac{1}{\omega RC}\right) > 0 \quad (6)$$

Si se analiza la amplitud de la señal se observa que en este caso es creciente con la frecuencia, lo que permite obtener un filtro pasa-alto con un circuito RC. Esto es, un filtro que elimine de una señal dada las frecuencias más bajas.

Análogamente al caso anterior también se puede observar un desfase (aunque esta vez positivo) entre la señal de voltaje y la de intensidad que es igual al argumento, cambiado de signo de la impedancia compleja. Este desfase provoca un adelanto en la fase de la intensidad respecto de la de voltaje, como puede verse en la figura siguiente.

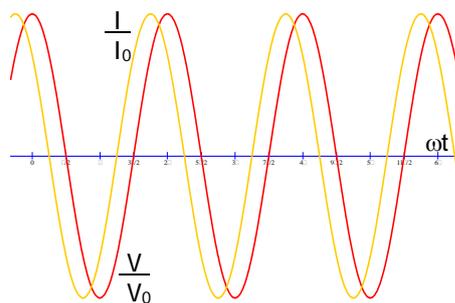


Fig.4. Representación gráfica de la señal de voltaje e intensidad frente al tiempo. Nótese cómo para un mismo tiempo la intensidad (naranja) tiene una fase que tendrá el voltaje (rojo) posteriormente.

3. Circuitos RLC:

Son los que constan de un condensador, una bobina y una resistencia conectados en serie con una fuente de potencial tal y como se muestra seguidamente.

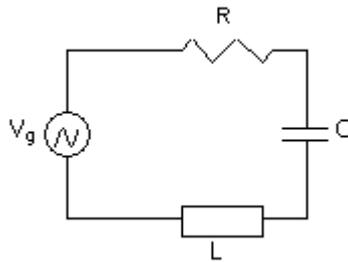


Fig.5.Montaje experimental de un circuito RLC.

En este caso la resolución de la ecuación (2) lleva al resultado siguiente:

$$I(t) = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} e^{i(\omega t + \phi)} \quad (7)$$

Para unos parámetros del circuito (R,L,C) dados, existe una frecuencia para la que la amplitud de la señal de intensidad sea máxima. Esto ocurre cuando el denominador es lo mayor posible, es decir, cuando la impedancia es real, ya que en este caso se cumple que $\omega L = (\omega C)^{-1}$. Para que se dé esta condición, la frecuencia de la señal, ω , debe cumplir:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (8)$$

El hecho de que exista una frecuencia para la cual la intensidad sea máxima hace que se pueda filtrar una señal dada para obtener otra en la que predomine

una frecuencia determinada. Si se representa la amplitud de la señal frente a la frecuencia se puede ver un pico centrado en esta frecuencia llamada “frecuencia de resonancia del circuito”, que como se puede observar en la expresión (8), no depende de R. Sin embargo, hay otros factores como la anchura del pico (β) o el factor de calidad (Q) (que da una idea del grado de monocromaticidad de la señal resultante) que sí dependen de R.

Analizando por otro lado la fase, comprobamos como nuevamente existe un desfase entre la intensidad y el voltaje, pero esta vez no podemos saber, a priori si este es positivo o negativo. Sin embargo, se sabe que este desfase es el argumento cambiado de signo de la impedancia compleja. También que será 0 cuando la frecuencia sea la de resonancia. Para frecuencias menores se puede hacer el siguiente razonamiento:

$$\omega < \frac{1}{\sqrt{LC}} \Leftrightarrow \omega L < \frac{1}{\omega C}$$

Y como la impedancia es:

$$Z = R + i \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (9)$$

La parte imaginaria es negativa, lo que significa que el argumento también lo es, es decir, el desfase de la intensidad respecto del voltaje es negativo ($\phi < 0$), es decir, la intensidad va retardada respecto al voltaje.

Mediante un razonamiento análogo se llega a que para frecuencias por encima de la frecuencia de resonancia el desfase es positivo, es decir, la intensidad va adelantada respecto al voltaje.

Tomando como inicio de tiempos el momento adecuado se puede poner la diferencia de potencial de la fuente de la forma:

$$V(t) = V_g \cos(\omega t) \quad (10)$$

Que es la parte real del número complejo:

$$V(t) = V_g e^{i\omega t} \quad (11)$$

De este modo se hace un análisis en el campo complejo expresando cada magnitud como la parte real de otra cierta magnitud compleja (impedancia compleja, intensidad compleja...) que se denomina “fasor”. Si se procede de este modo se puede asumir la ley de Ohm, que es la siguiente:

$$V(t) = ZI(t) \quad (12)$$

Donde Z es la impedancia del circuito (expresión (9)) y tanto V como I están expresados como sus amplitudes por una exponencial compleja que determina su fase. Sea cual sea el circuito, se puede analizar mediante la expresión (10) (se trata de la ley de Ohm), teniendo en cuenta que se puede construir un circuito equivalente que consista en una única impedancia conectada a la fuente de voltaje. Cuando los distintos elementos estén conectados en serie esta impedancia equivalente será la suma (en el espacio complejo) de las impedancias de los distintos elementos, mientras que si están conectados en paralelo la impedancia equivalente será la inversa de la suma de las inversas de las impedancias de cada elemento. Esto teniendo en cuenta que las impedancias que introducen una resistencia (Z_R), una bobina (Z_L) y un condensador (Z_C) son las siguientes:

$$\begin{aligned} Z_R &= R \\ Z_L &= i\omega L = \omega L e^{i\frac{\pi}{2}} \\ Z_C &= \frac{1}{i\omega C} = -i \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{\omega C} e^{-i\frac{\pi}{2}} \end{aligned} \quad (13)$$

Se puede representar en el plano complejo tanto V(t) como I(t) o Z. De esta manera, V(t) vendría representado como un vector de módulo V_0 que gira con

una velocidad angular ω , mientras que la intensidad sería un vector de módulo $V_0/|Z|$ y que gira a la vez que $V(t)$. Sin embargo existirá entre $V(t)$ e $I(t)$ un ángulo que permanecerá constante. Representando la impedancia como un vector de módulo $|Z|$ que forma un ángulo φ constante con el eje X. Como una multiplicación en el plano complejo equivale a la suma de los argumentos, y $V(t)=ZI(t)$, el ángulo que forma V con I (que es el desfase que hay entre ellos) será el argumento de Z , φ . Además podemos visualizar este ángulo sin más que representar en el mismo plano complejo la impedancia correspondiente a cada elemento. El uso de estos vectores puede simplificar en cierta medida el tratamiento de circuitos en corriente alterna, ya que se involucran vectores, y se evita tener que operar con senos y cosenos. En la representación siguiente se puede visualizar lo dicho anteriormente.

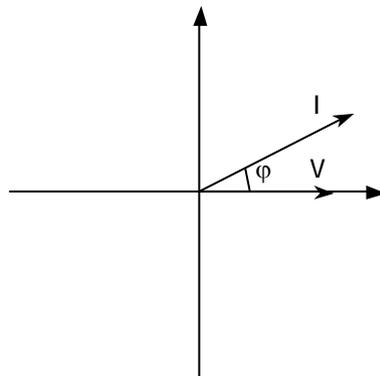


Fig.6.Representación en el plano complejo del voltaje y la intensidad en un circuito cualquiera habiendo tomado como origen de ángulos el argumento de $V(t)$ en cada momento.

Mientras que, en la siguiente representación, se puede ver cómo tratar la impedancia de este modo.

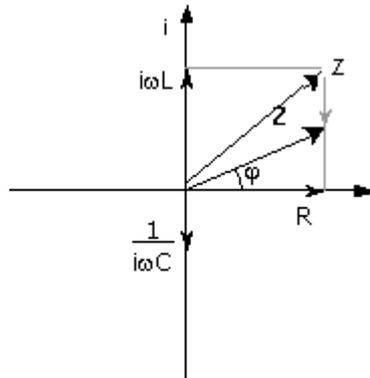


Fig.7. Representación en el plano complejo de las impedancias referidas a una resistencia, un condensador y una bobina. Nótese que ϕ nunca puede ser (en valor absoluto) mayor que π medios, pues la resistencia nunca será negativa. También se puede ver fácilmente que si la impedancia inductiva es mayor que la capacitiva el argumento es positivo, mientras que si es al contrario es negativo, lo cual concuerda con lo obtenido mediante la resolución de la ecuación diferencial.

Acorde con la ecuación (12) se puede decir, por lo tanto, que en uno de estos circuitos se cumplirá lo siguiente:

$$I(t) = \frac{V_g(t)}{Z} \quad (14)$$

De forma que la solución de estos circuitos es inmediata:

Circuito RL:

$$I_{RL} = \frac{V_g}{Z_{RL}} = \frac{V_g}{R + i\omega L} = \frac{V_g(t)}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} e^{i\phi} \quad (15)$$

Donde ϕ es el argumento cambiado de signo de la impedancia:

$$\phi = -\arctg\left(\frac{\omega L}{R}\right) \quad (16)$$

Circuito RC:

$$I_{RC} = \frac{V_g}{Z_{RC}} = \frac{V_g}{R + \frac{1}{i\omega C}} = \frac{V_g(t)}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} e^{i\phi} \quad (17)$$

Donde ϕ es el argumento cambiado de signo de la impedancia compleja:

$$\phi = \text{arctg}\left(\frac{1}{\omega RC}\right) \quad (18)$$

Circuito RLC:

$$I_{RLC} = \frac{V_g}{Z_{RLC}} = \frac{V_g}{R + i\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} = \frac{V_g(t)}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} e^{i\phi} \quad (19)$$

Donde ϕ es el argumento cambiado de signo de la impedancia compleja:

$$\phi = \text{arctg}\left(\frac{1}{\omega RC} - \frac{\omega L}{R}\right) \quad (20)$$

Por otro lado, otro t3pico esencial para este estudio es el de ‘Manual Did3ctico’. Un ejemplo fundamental de lo anterior lo constituye el caso del Manual de la UNESCO (2004). Esta Instituci3n ha editado varios manuales para la Enseñanza de la Ciencia donde manifiestan que en los programas escolares del mundo entero, la Enseñanza de la Ciencia debe ocupar un lugar especial, logrando efectividad al disponer de un material muy variado, recurriendo frecuentemente a la experimentaci3n.

En este sentido, se afirma que las nociones cient3ficas son ciertamente asimiladas si se obtienen por medio de la experimentaci3n. De all3 que sea comprensible el hecho de que una buena Enseñanza Cient3fica deba

fundamentarse sobre la observación y la experimentación, las cuales son irremplazables.

Es por esto que, la Unesco (2004) está convencida de que la Ciencia y el Método Científico deben ocupar un lugar preponderante en todo programa formativo moderno. Por consiguiente, sus manuales se inspiran en el principio de que la mejor manera de Enseñar Ciencia es experimentando. En consecuencia, en su manual aparecen una serie de experimentos científicos con instrucciones para la fabricación de numerosos instrumentos muy simples y de fácil acceso. Considerando que la experimentación y el montaje de aparatos tienen un gran valor formativo, consagrado por las mejores tradiciones de la Enseñanza Científica. Por lo cual, en estos manuales se define Ciencia, se plantean sus objetivos y se declara explícitamente las actividades para la Enseñanza y, por consiguiente, el aprendizaje. En esta última, se proponen cómo los estudiantes deben aprender: realización de experimentos, lecturas, observación y el empleo de recursos visuales.

Ahora bien, en el caso de la Física, este manual de la UNESCO (2004) plantea que el estudiante debe aprender sobre la base de sus propias observaciones. De allí que, consideren que “este es el único medio eficaz para aprender” (p.21); por consiguiente, al experimentar, el estudiante adquirirá también experiencia personal sobre la relación causa/Efecto, componente básico de una actividad fenomenológica. Y esta perspectiva es la que el docente de Física debe considerar a la hora de diseñar sus estrategias didácticas para la Enseñanza de algún tópico de su asignatura.

Por otro lado, Según Guzmán y Gil (2012), el docente debe entender que en sus estrategias didácticas se debe dejar espacio para una orientación “innovadora”, la cual se concreta en propuestas de “aprendizaje por

descubrimiento” (p.33). Como señalaba Ausubel (2000), “la solución autónoma de problemas ocurre necesariamente con fundamento en el razonamiento inductivo a partir de datos empíricos” (p.83). Por consiguiente, el docente de Física al diseñar sus estrategias didácticas, éstas no han de aparecer como una “receta de cocina”, donde se han de seguir las instrucciones al pie de la letra; sino, que debe dejarse un margen de libertad para poder aprovechar la curiosidad innata de los jóvenes estudiantes, logrando, de manera inductiva, poder vislumbrar ideas conceptuales sobre los tópicos físicos, a través de la percepción de los diversos experimentos alusivos y propuestos por el docente.

CAPÍTULO III

ABORDAJE METODOLÓGICO

3.1. Naturaleza de la Investigación

En virtud de las características de esta estrategia, se decidió optar por la investigación acción como diseño de investigación, en aras de alcanzar los propósitos planteados, bajo la perspectiva del paradigma cualitativo, haciendo énfasis en el aspecto holístico, humanista y fenomenológico. En este sentido, se abordaron los diferentes momentos que componen el ciclo participativo, descritos por Kemmis y McTaggart citado por Martínez (2004), los cuales son:

- Diagnóstico: donde se percibieron las causas que inciden en la situación problemática, es decir, las debilidades que presenta la estrategia didáctica empleada por el docente, sobre los circuitos RLC.
- Planificación: la cual abarcó el planteamiento de los objetivos y el diseño de la estrategia didáctica en todas sus fases y partes, tomando en consideración todos los fundamentos teóricos que la validan, los recursos necesarios y las tareas a realizar, evidenciándose, de esta manera, la factibilidad de la misma.
- Ejecución: se les proporcionó y explicó a los docentes, involucrados en este estudio, la estrategia didáctica considerando la adaptabilidad de la misma al contexto del aula y la participación de sus estudiantes.
- Evaluación del proceso (ratificación o rectificación de planificación): la cual se llevó a cabo desde el mismo momento de la difusión de la estrategia, observando la actitud de los docentes hacia la misma.

Sin embargo, en el marco del formalismo y la objetividad, se aplicó, además, una encuesta donde se apreció la reflexión final de los docentes respecto a su apreciación de la estrategia, luego de culminado el proceso; y, por último, la conclusión, mediante una conversación informal, donde se compartió con la comunidad de estudio los resultados obtenidos con la investigación. De esta manera se afirmó el transitar permanente de la teoría a la acción y de la acción a la teoría, en todo el proceso reflexivo investigativo.

3.2. Contexto y grupo de Investigación

El grupo de investigación estuvo conformado, en una fase preliminar (determinación de la problemática) de la siguiente manera:

Plantel	Nro. Docentes Especialistas	Característica Institucional	Municipio
U.E. “Campo Solo”	1	Público	San Diego
L.N. “Hipólito Cisneros”	4	Público	San Diego
U.E. “Pablo de Tarzo”	1	Privado	Valencia
E.T. “Enrique Delgado Palacios”	4	Público	Guacara

Fuente: Suárez, R. (2011)

Cabe destacar que todas estas instituciones educativas presentan características similares en cuanto a sus dimensiones físicas, recursos, tanto físicos como humanos, y cuentan con 1 Laboratorio para Física, cada una.

Posteriormente, se redujo el análisis a la comunidad de docentes especialistas de la E.T. “Enrique Delgado Palacios” aunado a dos Ingenieros Electricistas que laboran en la referida institución, como docentes de esa Mención,

y al docente autor de esta investigación. Sin embargo, por asuntos de formalidad, es necesario mencionar que se atendió a los siguientes criterios de selección:

- Vinculación: Los docentes seleccionados poseen experiencia docente mínima de tres años en la institución.
- Motivación: los docentes permitieron la observación de su praxis y mostraron disposición e interés en colaborar con este estudio.
- Implicación: Son docentes que imparten o han impartido la asignatura de Física de 5to. Año o asignaturas que guardan estrecha relación con el tema del estudio (como es el caso de los Ingenieros Electricistas)

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleadas estuvieron acordes con la fase de evaluación propia de una investigación acción. Al presentar la alternativa de solución (proyecto) a la comunidad de estudio, se registraron las opiniones de los docentes acerca del Manual Didáctico y de los circuitos (Prototipos) propuestos en el mismo, a través de un registro individualizado por docente asistente, empleando como Técnica la encuesta, a través de un cuestionario contentivo de 14 preguntas distribuidas en dos secciones (Prototipos construidos y Manual Didáctico), con lo cual se determinó la efectividad y pertinencia de esta alternativa de solución (ver anexos). Dicho instrumento fue basado en el modelo de validación de Prototipos Experimentales orientados al Aprendizaje de la Óptica de Pérez y Falcón (2009).

Ahora bien, en aras de obtener indicios de la adquisición de un aprendizaje, se hace preciso realizar una medición. Sin embargo, el aprendizaje no es un ente aislado sino un aspecto fundamental de un proceso más globalizado el cual incluye la enseñanza. De allí que, la evaluación debe contemplar ambos aspectos. Según Alfaro (2000), “el docente debe reflexionar para clarificar las

razones por las cuales la acción didáctica produce ciertos resultados, las condiciones y circunstancias que orientan el uso de ciertas estrategias”. (p.30)

En este sentido, para la evaluación de la propuesta planteada en esta investigación se consideraron criterios citados por Alfaro (2000), los cuales se presentan a continuación: Conceptos, Concepciones de la enseñanza, Recursos, Perfil-Objetivos, Competencias, Actitudes, Experiencias y Motivación.

Para esta fase se empleó un taller divulgativo de la propuesta, donde luego de explicar el manual Didáctico, mostrar los prototipos y llevar a cabo la experimentación con los mismos por parte de la comunidad de estudio, se aplicó la encuesta a través del cuestionario. En cuanto a esto, Martínez (2004), sugiere que la entrevista estructurada, como técnica importante de recolección de datos, ha de hacerse de una forma cordial y amistosa (p.56). Asimismo, para Balestrini (2001), la entrevista es un proceso de comunicación verbal recíproca con la finalidad de recabar datos sobre una finalidad previamente establecida (p.78) Con ésta se pretendió obtener directamente la información suministrada por los actores del proceso, acerca del contenido del manual y los prototipos de los circuitos RLC, ya armados, con los cuales se experimentó.

Para tal fin, Balestrini (2001) plantea al cuestionario como instrumento apropiado de recolección de datos en una entrevista. Para la misma autora, éste, constará de una serie de preguntas abiertas, expresadas en un orden lógico y preciso, relacionadas con el tema de estudio, las cuales han de cumplir con el objetivo del diagnóstico (p.80). De esta manera, el cuestionario estuvo formulado de tal forma que arrojó la información necesaria para evaluar la propuesta presentada en esta investigación.

3.4. Fase de Planificación

En primera instancia se plantearon un conjunto de actividades que conformaron un plan Tentativo, el cual se llevó a cabo de forma plena convirtiéndose en el Plan de Acción definitivo que se presenta posteriormente.

3.4.1. Proyecto: Taller divulgativo para explicar el “Manual para la experimentación de los circuitos RLC”, dirigido a los docentes de Física de la E.T. “Enrique Delgado Palacios”, institución educativa donde labora el investigador.

3.4.2. Misión: Ejecución de un taller donde se explique una forma didáctica y factible (empleando materiales de bajo costo y reciclables) de para experimentar los circuitos RLC, dirigido a los docentes de Física de la E.T. “Enrique Delgado Palacios” de Guacara en el Edo. Carabobo.

3.4.4. Visión: Difusión de los fundamentos teóricos y prácticos referentes a los circuitos RLC, a través de un proyecto consistente en los montajes de circuitos RLC, tanto en serie como en paralelo, empleando materiales de bajo costo y reciclables, dirigido a los docentes, para que lo analicen e internalicen y, posteriormente, lo pongan en práctica en sus sesiones de clases con sus estudiantes.

3.4.5. Objetivo General: “Realizar un taller para explicar un Manual didáctico para la experimentación de los circuitos RLC (serie y paralelo), empleando materiales de bajo costo y reciclables”

Objetivos Específicos	Actividades	Estrategias	Recursos
Mostrar, explícitamente, el contenido del Manual.	Presentación del Manual Didáctico para la experimentación de los circuitos RLC. Muestra de materiales empleados y modelos de circuitos ya elaborados por estudiantes.	Observación. Discurso explicativo. Captura de imágenes fotográficas.	Humanos: Docentes expertos e investigador. Materiales: laptop, video-beam, papel, bolígrafo y cámara fotográfica.
Involucrar de forma práctica a los colegas con la construcción de los circuitos siguiendo las instrucciones del Manual.	Manipulación de los elementos constitutivos de los circuitos RLC. Reciclaje de componentes. Construcción de circuitos RLC.	Observación. Asesoría por parte del investigador. Toma de Notas. Captura de imágenes fotográficas.	Humanos: Docentes expertos e investigador. Materiales: componentes, equipos electrónicos en desuso, cargadores de celulares, amperímetros, voltímetros, herramientas eléctricas, conductores, teipe, estaño, cautín, papel, bolígrafo, cámara fotográfica.
Aplicar el Instrumento de recolección de datos. Discutir informalmente los resultados (intercambio de opiniones con los docentes respecto a la actividad)	Recolección de información respecto a la actividad. Debate argumentativo acerca de las opiniones de los docentes respecto a la actividad.	Observación Toma de Notas. Captura de imágenes fotográficas.	Humanos: Docentes expertos e investigador. Materiales: Papel, Bolígrafo, Cámara, fotográfica.

3.5. Plan de Acción

FASES	FECHA	ACCIÓN	RECURSOS
Fase 1	06-06-2012	Solicitud de permiso para la realización del taller divulgativo para explicar el “Manual Didáctico para la experimentación de los circuitos RLC”, dirigido a los docentes de Física de la E.T. “Enrique Delgado Palacios”.	Humanos: Directivo, Investigador. Materiales: Papel, Bolígrafo
Fase 2	08-06-2012	Coordinación con los docentes y personal de Biblioteca respecto a la organización del taller.	Humanos: docentes, personal de Biblioteca, investigador. Materiales: Papel, Bolígrafo
Fase 3	08-06-2012	Elaboración del instrumento para recolectar las opiniones de los docentes asistentes y evaluar la presentación del taller.	Humanos: Investigador Materiales: Papel, Bolígrafo, Computadora e Impresora.
Fase 4	29-06-2012	Ejecución del taller.	Humanos: Investigador, docentes expertos. Materiales: Computadora, Video Beam, componentes electrónicos, cables, teipe, amperímetros, voltímetros, componentes electrónicos, equipos electrónicos en desuso, estaño, herramientas eléctricas como alicates, pinzas, tenazas, etc, Sillas y mesas.
Fase 5	29-06-2012	Aplicación del Instrumento y discusión de las opiniones de los docentes participantes.	Humanos: Investigador, docentes expertos. Materiales: Instrumento, Lápiz.

3.6. FASE DE EJECUCIÓN

Con la intención de involucrar activamente a la comunidad de estudio de la presente investigación, se realizó una serie de actividades divididas en las

siguientes fases Pre Evento, Evento y Post Evento, con la finalidad de tomar decisiones e ideas para lograr un diseño óptimo del Manual Didáctico para la experimentación de los circuitos RLC; dichas actividades se describen a continuación.

3.6.1. Acciones realizadas:

En primera instancia, el día 08 de Junio, el investigador acudió ante la Dirección la Escuela Técnica “Enrique Delgado palacios” con la intención de solicitar permiso para realizar la actividad de divulgación del Taller. Cabe destacar, que tanto la directiva como los docentes se mostraron muy interesados en la investigación y prestaron toda la colaboración necesaria. El permiso fue concedido para el día 29 de Junio, fecha en la que se llevó a cabo la fase de evento, el cual consistió en un Taller de difusión del Manual Didáctico para la experimentación de los circuitos RLC, como herramienta didáctica en las sesiones de clases de los docentes de Física de 5to. Año.

Es preciso destacar que el autor de la investigación versó sus explicaciones en base a la descripción del mencionado Manual, atendiendo tanto a los aspectos teóricos como prácticos del mismo. De la misma manera, se procedió a invitar a los docentes a manipular los prototipos y a intentar construir por si mismos los circuitos RLC, en asociación serie y paralelo. Luego, se prosiguió con la evaluación del Taller por parte de todos los participantes, mediante un instrumento tipo escala de estimación, donde se obtuvo como resultado una gran satisfacción por el contenido impartido. Y, por otro lado, se escucharon las observaciones y sugerencias respecto al Manual y los prototipos, además de la discusión argumentativa sobre sus opiniones respecto a toda la actividad.

Ese evento sirvió de marco base para la elaboración definitiva del presente estudio, puesto que se hicieron, posteriormente, ciertas modificaciones siguiendo las sugerencias de los docentes expertos, en lo relativo a su presentación. Hay que

destacar, que el formato donde se plasmó el contenido del Manual Didáctico es el validado por la UNESCO (2004), en su sección “la Enseñanza de las Ciencias”.

3.6.2. Planificación de las actividades Pre evento, Evento y Post Evento.

Fechas	Pre Evento
08-06-12	Solicitud de permiso para realización del taller de difusión del “Manual Didáctico para la experimentación de los circuitos RLC”
14-06-12	Coordinación con los docentes y directivos respecto a la organización del taller.
09-06-12	Elaboración del instrumento para evaluar el proyecto.
Evento	
29-06-12	Ejecución del taller (Teórico y práctico) “Manual Didáctico para la experimentación de los circuitos RLC”.
Post Evento	
29-06-12	Aplicación del Instrumento a los docentes.
29-06-12	Discusión argumentativa sobre las opiniones de los docentes respecto al Manual Didáctico.

3.7. Recursos Financieros e Institucionales

En virtud del empleo de materiales de fácil consecución para los prototipos, el gasto más significativo consistirá en la elaboración del manual, su impresión, encuadernación, fotografías y los gastos de transporte hacia los centros educativos del estudio. Se contó con la disposición de los respectivos laboratorios de Física de cada una de las cuatro instituciones descritas en el contexto y grupo de investigación.

CAPÍTULO IV

FASE DE ANÁLISIS DE LA DATA Y PLANIFICACIÓN

En el presente capítulo se plasman los datos obtenidos, a través de la encuesta (Anexo 2) aplicada a los docentes expertos, referente a la fase evaluativa de la propuesta. Asimismo, se analizaron los resultados y se plasmó la interpretación

4.1. Data analizada para los prototipos propuestos

En virtud de la similitud en cuanto a la forma y materiales de construcción utilizados, además de la coincidencia de los instrumentos de medición empleados para la experimentación, se empleará un mismo cuestionario para los dos montajes de Circuitos RLC (Serie y Paralelo) propuestos en el Manual Didáctico.

ÍTEMS	RESPUESTAS OBTENIDAS
1. ¿Cumplen los prototipos con los objetivos por los cuales fueron construidos?	-Excelente -Muy Bueno
2. ¿Se pueden utilizar para otros objetivos (Versatilidad)?	-Excelente -Muy Bueno
3. ¿Son recursos eficientes para el aprendizaje (Didáctica)?	-Excelente -Muy Bueno

4. Originalidad de los prototipos	-Excelente
5. Facilidad de Obtención de los materiales empleados para la construcción de los prototipos	-Excelente
6. Facilidad de elaboración y/o construcción	-Excelente
7. Facilidad de operación y manipulación	-Excelente -Muy Bueno
8. Acabado y presentación (Estética)	-Muy bueno. -Bueno

- Con respecto al primer Ítem, donde se inquiriere acerca de la pertinencia de los prototipos con su finalidad, el 83,33% de los encuestados manifiestan estar totalmente de acuerdo al ofrecer la respuesta: “excelente”; mientras que un 16,66% simplemente manifiesta estar de acuerdo al responder como “muy bueno” a lo señalado en el ítem.
- En cuanto al segundo ítem, un 66,66% de los encuestados manifiestan estar totalmente de acuerdo (Excelente) en reconocer que se pueden utilizar para otros contenidos. El 33,33% restante considera estar de acuerdo (muy bueno) sobre el mismo aspecto.
- En relación al tercer ítem, donde se inquiriere acerca de la eficiencia de este recurso para el aprendizaje, el 83,33% de los encuestados admiten estar totalmente de acuerdo (Excelente), y el 16,66% está de acuerdo (Muy bueno).
- Sobre el cuarto ítem, donde se pregunta acerca de la originalidad de los prototipos, el 100% de los encuestados manifiestan estar totalmente de acuerdo (Excelente) con este aspecto.

- Con respecto al quinto ítem, referente a la facilidad de obtención de los materiales para la construcción de los prototipos, el 100% considera excelente lo manifestado en este indicador.
- En cuanto al sexto ítem, sobre la facilidad de elaboración y/o construcción de los prototipos, el 100% de los participantes consideran excelente lo manifestado en este indicador.
- En relación al séptimo ítem, donde se inquiriere acerca de la facilidad de manipulación de los prototipos el 100% de los encuestados manifestaron estar totalmente de acuerdo (Excelente) con lo preguntado.
- Sobre el octavo ítem, relacionado con el acabado y presentación de los prototipos, el 50% de los docentes consideraron como muy bueno lo inquirido en este indicador y el restante 50% simplemente como bueno.

Cabe recordar y destacar que los datos cuantitativos obtenidos anteriormente no son discordantes con el enfoque investigativo seleccionado para este estudio. Por el contrario, según Martínez (2004), lo cualitativo, como un todo integrado, no se opone a lo cuantitativo. Por el contrario, lo implica e integra, especialmente donde sea importante.

4.2. Data Analizada para el Manual Didáctico

PREGUNTAS REALIZADAS	RESPUESTAS OBTENIDAS
¿El propósito Didáctico de los diseños se relacionan con los prototipos propuestos?	-Excelente
¿Las imágenes del prototipo indican detalladamente las partes de éste?	-Excelente
¿Los detalles de construcción permiten que otra persona pueda construir el prototipo?	-Excelente

¿Las actividades sugeridas para los docentes están relacionadas con el propósito didáctico propuesto para el prototipo?	-Excelente
¿El contenido sugerido se puede cumplir a cabalidad con el prototipo propuesto?	-Excelente
¿Las preguntas sugeridas están relacionadas con el contenido de las actividades realizadas con el uso del prototipo?	-Excelente

Para todas las preguntas realizadas, los docentes expertos consideraron como excelente lo inquirido en cada una de las preguntas realizadas.

4.3. Interpretación de los resultados.

Según las respuestas recolectadas a través de la aplicación de la Encuesta a los docentes expertos de la comunidad de estudio, se pudo reflejar que el Manual Didáctico propuesto para el uso de los Circuitos RLC, como modelo experimental de inducción en las clases de electromagnetismo, es una herramienta muy útil, ajustado a los parámetros didáctico pertinentes, vinculante, eficiente, versátil, fácil de construir, fácil de emplear (tanto su diseño instructivo como los prototipos), organizado, detallado en cuanto a sus instrucciones y acorde a las exigencias del programa de estudios de la asignatura en relación específica con el tema de estudio.

De la misma manera, gracias a la realización del taller divulgativo, los docentes expertos entendieron que es importante realizar las prácticas sobre estos circuitos, brindando un gran significado didáctico al emplearlos en las sesiones de clases sobre este contenido. Por consiguiente, es importante que cuenten con un

material didáctico, como el Manual propuesto en esta investigación, donde se explica, de una forma sencilla, detallada y amena, cómo experimentar con estos circuitos, empleando materiales de fácil adquisición. Además presentando la fundamentación teórica sobre el contenido, adaptada al nivel de secundaria para que se les haga más fácil la labor de explicárselas a sus estudiantes.

Asimismo, es importante destacar que los docentes, al finalizar el taller, le hicieron comentarios al investigador, desde un punto de vista informal, respecto a la propuesta, las cuales hicieron referencia a que:

- “Representa algo novedoso, que puede facilitar en los estudiantes un aprendizaje significativo ya que pueden evidenciar prácticamente los contenidos teóricos”.
- “El Manual da la oportunidad de experimentar con los circuitos RLC donde los componentes provenientes de equipos desechados permite, de una manera económica, el montaje de los mismos.
- “Con este Manual se pone en práctica los circuitos RLC, usando componentes de equipos desechados, permitiendo inculcarle a los estudiantes el uso racional del reciclaje de los componentes electrónicos”.
- “Totalmente pertinente su aplicación a las instituciones educativas”.

En cuanto a algunas recomendaciones emitidas, éstas fueron hechas solamente por los Ingenieros electricistas, las cuales hacen referencia a que, posteriormente se puede adaptar el contenido del Manual para abarcar a los circuitos RL y RC.

En este sentido, es preciso resaltar, que los docentes concuerdan con el criterio de considerar al proyecto como beneficioso para la enseñanza de este contenido, lo que demuestra gran confiabilidad para este estudio, que según Goetz

y Lecompte (2002), hace referencia a la coincidencia interpretativa entre diferentes observadores (p.79).

Por otro lado, es importante mencionar que los docentes manifestaron una activa y entusiasta participación durante la explicación del Manual Didáctico y, también, al armar los circuitos. Por consiguiente, se puede inferir de estos resultados, que la aplicación del Taller tuvo una excelente receptividad, logrando que los docentes participantes consideren este material didáctico como recurso fundamental durante la explicación del contenido de circuitos RLC a sus estudiantes. Aunado a esto, se logró, gracias a la corroboración de los ingenieros electricistas, aclarar las dudas de los docentes en relación a la seguridad eléctrica de los circuitos, debido a que la fuente de energía eléctrica usada, a través del cargador de celular o transformadores pequeños de equipos electrónicos en desuso, es de una tensión muy baja (aproximadamente 12 voltios) y muy baja corriente (aproximadamente 300 mA., adecuada para estos montajes), lo cual no supone riesgos serios. Aunque, de todas formas, es pertinente que los docentes estén atentos y tomen las medidas de seguridad pertinentes, al momento de que, quienes hagan los experimentos, sean sus estudiantes.

De esta manera se puede apreciar que, a rasgos generales, la implementación del Taller, como pre-evento o fase inicial del Manual Didáctico, fue un verdadero acierto por la excelente receptividad por parte de los involucrados quienes reflejaron su gran interés por “aprender” a desarrollar en sus sesiones de clase la experimentación de los circuitos RLC, empleando materiales de bajo costo y reciclables, como alternativa de solución para las prácticas fundamentales de este contenido que hace parte de la Unidad de Electromagnetismo de Física del 5to. Año de educación Secundaria.

Ahora bien, lo anteriormente descrito concuerda con la opinión del psicólogo Ausubel (2000) acerca de la “significancia” en el aprendizaje, el cual debe ser enseñado. Para este autor, el docente, en sus clases, debe partir desde los preconceptos adquiridos por los estudiantes (p.82), y es lo que plantea el Manual Didáctico propuesto, tomar como base los conceptos estudiados en los circuitos de corriente continua y sobre los materiales a emplear para la elaboración de los circuitos RLC, los cuales, al momento de la aplicación formal en aula, serán recolectados por los mismos estudiantes y para ello deben identificarlos, y los cuales, están presentes en su cotidianidad. De allí la importancia de que el docente reflexione acerca de su actualización sobre este contenido. Asimismo, Soussan (2003), considera la importancia que reviste para la Física el hecho de experimentar, tanto como elemento significativo como necesario y, por lo tanto, sugiere a los docentes su frecuente actualización profesional sobre los tópicos a abordar en sus clases, las cuales deben ser muy bien organizadas y planificadas, induciendo a sus estudiantes a que construyan su propio aprendizaje en la medida que se involucren directamente con el mismo, siendo entonces, la experimentación de los circuitos RLC en las sesiones de clases, un ejemplo de lo antes mencionado (p. 8-9).

Por otra parte, es interesante destacar que, dados los resultados obtenidos, es evidente que los docentes expertos quienes han laborado con la asignatura tanto en diversos años escolares como en otros colegios tanto de carácter público como privado, a rasgos generales y mayoritarios, mantienen un consenso respecto a la realidad de la problemática de estudio. En consecuencia, los resultados mantienen un alto grado de credibilidad, transferibilidad y comparabilidad, que para Guba y Lincoln (1994) hacen referencia al sentir colectivo, extensión de los resultados a diversos contextos y el grado de similitudes entre las realidades estudiadas, respectivamente (p.15). Logrando de esta manera llevar a cabo la triangulación, propia de los métodos cualitativos, aprovechando, para esto, la abundante información recolectada por parte de los docentes; lo cual, según Guba y Lincoln (1994) resulta en una segura validez de los datos obtenidos (p.17).

CAPITULO V

PROPUESTA

En el presente apartado se abordarán los aspectos concernientes a la propuesta, esencia de este estudio, la cual consiste en La Experimentación de los Circuitos RLC, especificando sus elementos constitutivos, así como también reflejando su importancia y desarrollo.

Cabe destacar que esta propuesta se basa, en cuanto a su metodología, en el Manual para la Enseñanza de las Ciencias de la UNESCO (2004), donde se afirma que para lograr un aprendizaje eficaz de la Ciencia debe existir una Enseñanza experimental. Es satisfactorio el hecho de que la gran mayoría de los fenómenos a emular se encuentran próximos al entorno de los estudiantes, de allí que, explicar la vinculación de éstos con el contexto ha de servir de factor motivacional. Tal es el caso de los circuitos RLC, los cuales están presentes en la mayoría de los artefactos eléctricos de la vida moderna. Por lo cual, los docentes deben estar provistos de materiales didácticos donde se aprecien experimentos, de esta naturaleza, susceptibles de ser realizados por sus estudiantes; fomentando así, en ellos, el hábito de la investigación y aprovechando su curiosidad innata.

5.1. Denominación de la Propuesta: Uso de Actividades Prácticas para mejorar la enseñanza de las nociones de la corriente alterna fundamentado en la ejemplificación de los circuitos RCL: Resistivos, Inductivos y Capacitivos, como herramienta didáctica para la explicación de este contenido en las sesiones de clases de Física de 5to. Año.

5.2. Justificación e Importancia de la Propuesta

La propuesta planteada, contentiva de un “Manual Didáctico”, le permite al docente de Física, entre diversos factores fundamentales e inherentes, explicar y demostrar la característica de no linealidad, producto del defasaje, en los parámetros eléctricos netos en las dos asociaciones circuitales básicas, es decir, tanto serie como paralelo, en corriente alterna. Para esto, se debe llevar a cabo la construcción de los circuitos RLC, la medición de los parámetros eléctricos y la sustitución de estos valores en las ecuaciones de Tensión y Corriente total respectivas para estas asociaciones.

Todo lo anterior, empleando materiales de bajo costo y reciclables. En el mismo, se hace gran vinculación con la cotidianidad, además de que permite tener un rol muy activo en la construcción del aprendizaje. De allí que sirva de herramienta didáctica para los docentes especialistas, a quienes, en la mayoría de los casos, se les hace complicado el poder abordar este contenido, sobre todo desde el punto de vista experimental. Por otra parte, esta propuesta cuenta con un apéndice Teórico (Anexo 3) adaptado al nivel de secundaria, donde se plasman, en un lenguaje sencillo y ameno, todo el componente teórico acerca del tópico de estudio, el cual hace parte del contenido de Electromagnetismo del 5to. Año de Educación Media.

6.3. Misión del Manual:

Ser una herramienta didáctica para la enseñanza de los circuitos RLC, desde el punto de vista experimental, brindando, además, un componente teórico sobre este contenido adaptado al nivel de secundaria. Asimismo, lograr la vinculación de este contenido al contexto laboral de los docentes especialistas de este estudio.

6.4. Visión del Manual:



Servir de guía o modelo para la experimentación de los circuitos RLC, empleando materiales de bajo costo y reciclables, donde el docente propiciará la participación activa de sus estudiantes en la construcción de su aprendizaje.

6.5. Propósito General:



- Proporcionar una fuente de referencia didáctica escrita para la enseñanza de la experimentación de los circuitos RLC en asociación Serie y Paralelo.

6.6. Propósitos Específicos:



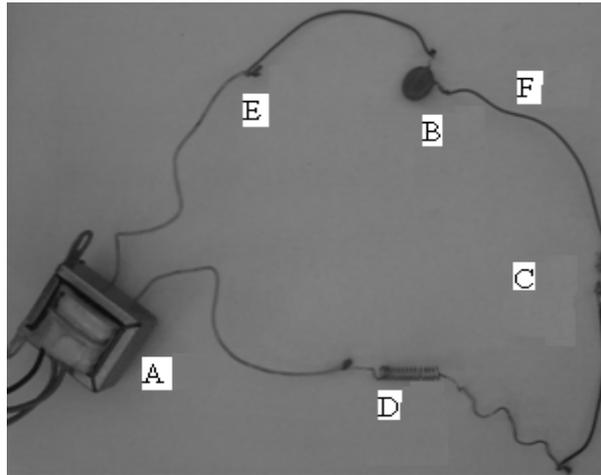
- Describir, detalladamente, la construcción de los circuitos RLC en sus dos asociaciones básicas: Serie y Paralelo.
- Explicar la forma de reciclar los componentes eléctricos constitutivos de los circuitos RLC.
- Explicar la vinculación de los circuitos RLC con la cotidianidad y contexto de estudio
- Plasmar los Fundamentos Teóricos sobre los circuitos RLC, adaptados al nivel de secundaria.

A continuación se presenta el **Manual de Especificaciones o Didáctico** de los prototipos propuestos:

DENOMINACIÓN: Circuito RLC Serie.

PROPÓSITO PARA EL CUAL FUE DISEÑADO: Comprobar que la suma de los valores eficaces de las tensiones parciales, en los elementos pasivos, no es igual al valor eficaz de la tensión de la fuente; sino, la suma de los fasores de dichas tensiones.

Croquis del Prototipo:



- A: Transformador de baja tensión (6 a 12 voltios).
 B: Condensador Cerámico $10 \mu\text{F}$ aproximadamente.
 C: Resistor 200Ω , aproximadamente.
 D: Inductor o Bobina $0,20 \text{ H}$ aproximadamente.
 E: Empalme o Unión con Soldadura (Estaño).
 F: Cables para conexión (calibres 12 o 14) (No limitativo).



A

B

C

D

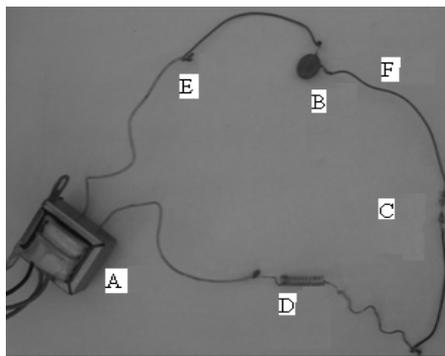
Material alterno: *Multímetro (Tester)*



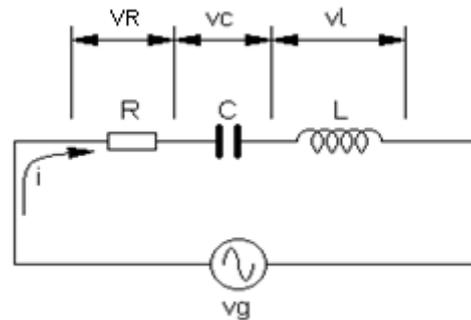
DETALLES DE CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

1A-2

Se conectan los componentes en la respectiva asociación, orientándose por el Esquema Serie adjunto, empalmando los cables a los terminales de los componentes. Posteriormente, se conectan los conductores o terminales extremos de los tres elementos pasivos (condensador, resistor e inductor) a los terminales del Transformador. Luego se mide, empleando el Tester (seleccionado en modo de Voltímetro), la tensión en cada componente pasivo y en los terminales del Transformador, como se indica en el diagrama circuital. Cabe recordar que el voltímetro se emplea conectándolo en paralelo con los terminales del elemento a medir su tensión. Se deben registrar las mediciones en la Tabla anexa y posteriormente corroborar la ecuación fasorial de tensión total (V_g), considerando las aproximaciones.



Esquema del Prototipo



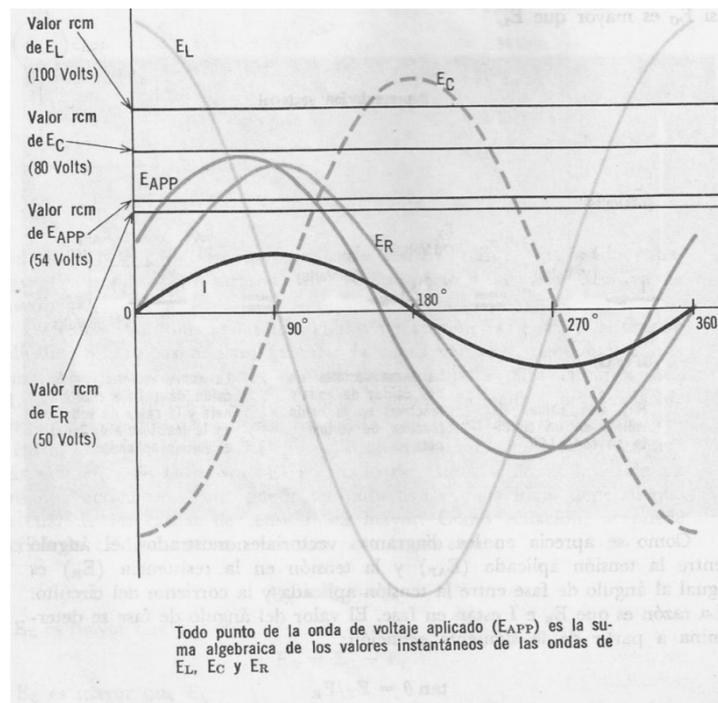
Esquema Circuital Serie

COSTO APROXIMADO: Todos los materiales son recuperados de artefactos electrónicos en desuso. El Multímetro puede conseguirse prestado, sin embargo su precio en el mercado ronda los 30 bolívares.

FORMA DE PRESENTACIÓN: Como se muestra en la figura.

FINALIDAD DEL MONTAJE: Comprobación de la no linealidad al emplear la regla de Kirchoff de tensiones en este tipo de circuitos, debido a la existencia de defasajes entre las corrientes de los elementos pasivos y la tensión total del circuito.

Comportamiento de las Tensiones en un circuito RLC serie



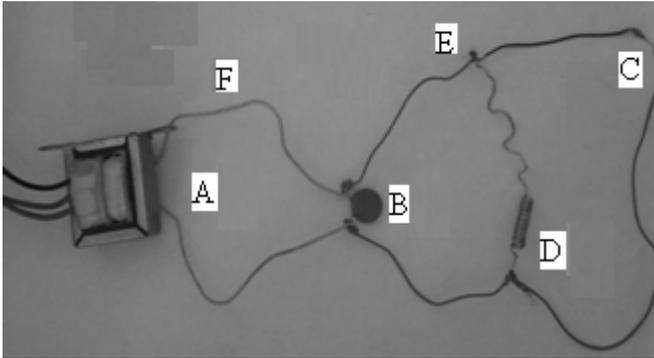
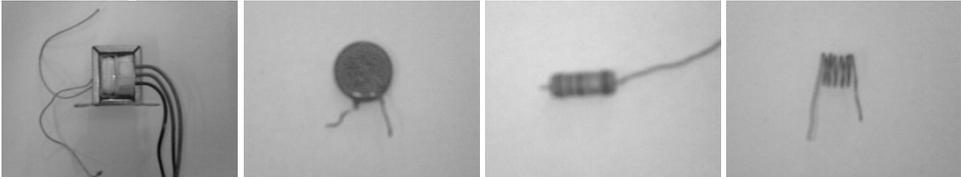
En esta figura se puede observar los valores instantáneos para V_L (E_L), V_C (E_C), V_r (E_R), I (corriente del circuito) y V_g (E_{APP}). Los valores rcm corresponde a los valores eficaces. Se puede observar los diversos defasajes existentes entre las tensiones de los elementos pasivos con relación a la corriente. Salvo V_r , la cual está en fase con la corriente. Figura: Mileaf (2006) (p.92).

Principales conceptos y leyes físicas involucradas: Corriente Alterna, inductancia, valores eficaces e instantáneos, capacitancia, resistencia eléctrica, regla de Kirchoff de tensiones, Defasaje en los parámetros eléctricos, fasores y Asociación circuital serie.

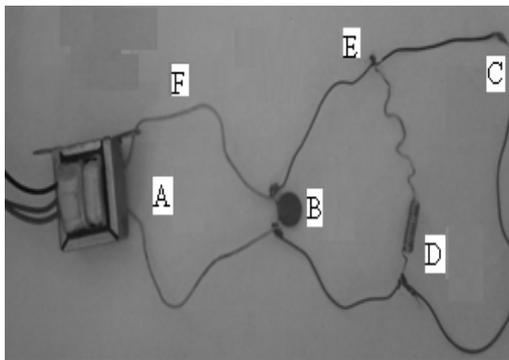
OBSERVACIÓN

Se recomienda usar, como fuente de energía eléctrica, un Cargador de celular (su transformador) (Ver apéndice) o un transformador de un equipo electrónico con la finalidad de disminuir cualquier riesgo eléctrico, debido a que los mismos presentan tensiones alternas muy bajas (12 a 6 voltios). Los valores medidos con el multímetro son eficaces mas no instantáneos. Los valores de los dispositivos deben ser tales que, según Mileaf (2006) , las Reactancias y resistencia deben estar dentro del rango de 1:10, para percibir mejor el fenómeno estudiado (p. 72).

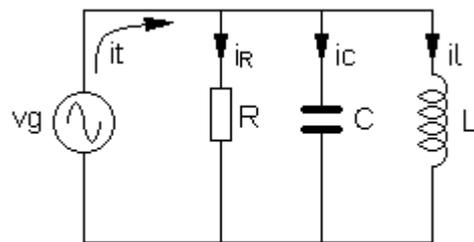
ORIENTACIÓN PARA LOS DOCENTES					1A-4
ACTIVIDADES SUGERIDAS					
- Complete la siguiente tabla:					
V_g	V_R	V_L	V_C	$V_R + V_L + V_C$	$V_g = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$
<p>- Llevar a cabo el experimento con diferentes valores de Resistores, bobinas y condensadores cerámicos, observe la diferencia de tensiones y seleccione los más resaltantes y significativos para la demostración con sus estudiantes.</p> <p>- Si consigue un Protoboard, implemente el circuito en el mismo. De ser posible, enseñe a sus estudiantes a emplearlo para que realicen los montajes circuitales.</p> <p>- Realice con sus estudiantes el cálculo de la inductancia de la bobina autoconstruida apoyándose en la fórmula de Nagaoka (Apéndice Tórico).</p> <p>- Consulte la Fundamentación Teórica plasmada en el Apéndice.</p> <p>- Ilustre el prototipo (Realice el Esquema circuital).</p>					
PREGUNTAS SUGERIDAS PARA SUS ESTUDIANTES					
<p>¿Identifica claramente los componentes del circuito? Describa cómo lo hace.</p> <p>¿Qué función cumple el inductor y el condensador en este circuito? ¿Por qué?</p> <p>¿Son antagónicos los efectos del inductor y condensador? ¿Por qué?</p> <p>¿Tuvo alguna complicación para realizar el montaje y mediciones? ¿Cuál o cuáles?</p> <p>¿Qué relación observa entre el resultado de las ecuaciones de la tabla y la Tensión Total medida (V_g)?</p> <p>¿Por qué el resultado de la expresión $\sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$ es similar o aproximado al de la Tensión Total medida?</p> <p>Si la fuente fuera de corriente continua, ¿Qué sucedería con respecto a las tensiones antes calculadas? ¿Funcionaría de la misma manera el circuito? Experimente.</p> <p>Realice el diagrama fasorial con respecto a las tensiones.</p>					

ELECTROMAGNETISMO	1B-1
DENOMINACIÓN: Circuito RLC Paralelo.	
PROPÓSITO PARA EL CUAL FUE DISEÑADO: Comprobar que la suma lineal de los valores eficaces de las corrientes, en los elementos pasivos, no es igual al valor eficaz de la corriente de la fuente; sino, la suma de los fasores de dichas corrientes.	
Croquis del Prototipo:	
	
<p>A: Transformador de baja tensión (6 a 12 voltios). B: Condensador Cerámico 10 μF, aproximadamente. C: Resistor 200 Ω, aproximadamente. D: Inductor o Bobina, 0,20 H, aproximadamente. E: Empalme o Unión con Soldadura (Estaño). F: Cables para conexión (calibres 12 o 14) (No limitativo).</p>	
	
<p style="text-align: center;">A B C D</p>	
Material alterno: Multímetro (Tester)	
	

Se conectan los componentes en la respectiva asociación, orientándose por el Esquema Paralelo adjunto, empalmando los cables a los terminales de los componentes. Posteriormente, se conectan los conductores o terminales extremos de los tres elementos pasivos a los terminales del Transformador o del cargador del celular (salida del transformador). Luego se mide, empleando el tester (seleccionado en modo de Amperímetro) la corriente en cada rama, o componente pasivo del circuito, y en la salida del Transformador, como se indica en el diagrama circuital. Se deben registrar las mediciones en una Tabla (actividades sugeridas) y posteriormente corroborar la ecuación fasorial de la corriente total (i_t), considerando las aproximaciones. Hay que destacar, que para conectar el amperímetro se debe hacer una abertura en cada rama debido a que este instrumento debe conectarse en serie con el componente al cual se le medirá la corriente (Tomar la consideración).



Esquema del prototipo



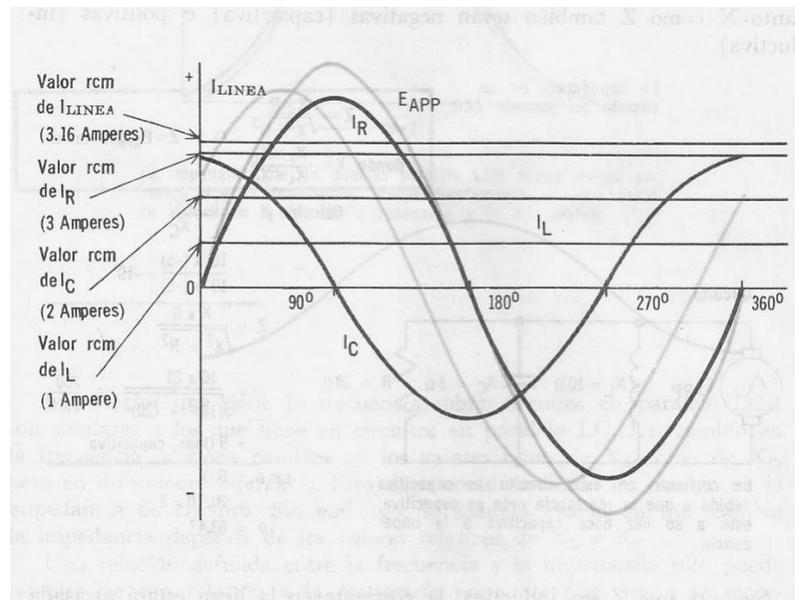
Esquema circuital Paralelo

COSTO APROXIMADO: Todos los materiales son recuperados de artefactos electrónicos en desuso. El Multímetro puede conseguirse prestado, sin embargo, su precio en el mercado ronda los 30 bolívares.

FORMA DE PRESENTACIÓN: Como se muestra en la figura.

FINALIDAD DEL MONTAJE: Comprobación de la no linealidad al emplear la ley de Kirchoff de corrientes en este tipo de circuitos, debido a la existencia de defasajes entre las corrientes de los elementos pasivos y la corriente total (i_t) del circuito.

Comportamiento de las Corrientes en un circuito RLC paralelo



En esta figura se puede observar los valores instantáneos para i_L (I_L), i_C (I_C), i_R (I_R) la, corriente total del circuito, es decir i_t (I_{LINEA}) y V_g (E_{APP}). Los valores rcm corresponden a los valores eficaces. Se puede observar los diversos defasajes existentes entre las corrientes de los elementos pasivos con relación a la tensión total V_g . Salvo i_r , la cual está en fase con la tensión de la fuente V_g . Figura: Mileaf (2006) (p.127).

PRINCIPALES CONCEPTOS Y LEYES FÍSICAS INVOLUCRADAS: Corriente Alterna, inductancia, valores eficaces e instantáneos, capacitancia, resistencia eléctrica, regla de Kirchoff de corrientes, Defasaje en los parámetros eléctricos, fasores y Asociación circuital paralelo.

OBSERVACIÓN

Se recomienda usar, como fuente de energía eléctrica, un Cargador de celular (su transformador) (Ver apéndice) o un transformador de un equipo electrónico con la finalidad de disminuir cualquier riesgo eléctrico, debido a que los mismos presentan tensiones alternas muy bajas. Los valores medidos con el multímetro son eficaces mas no instantáneos. Los valores de los dispositivos deben ser tales que, según Mileaf (2006) , las Reactancias y resistencia deben estar dentro del rango de 1:10, para percibir mejor el fenómeno estudiado (p. 72).

ORIENTACIÓN PARA LOS DOCENTES					1B-4
ACTIVIDADES SUGERIDAS					
- Completar la siguiente tabla:					
i_t	i_R	i_L	i_C	$i_R + i_L + i_C$	$i_t = \sqrt{i_R^2 + (i_L - i_C)^2}$
<p>-Llevar a cabo el experimento con diferentes valores de Resistores, bobinas y condensadores cerámicos, observe la diferencia de corrientes y seleccione los más resaltantes y significativos para la demostración con sus estudiantes.</p> <p>- Si consigue un Protoboard, implemente el circuito en el mismo. De ser posible, enseñe a sus estudiantes a emplearlo para que realicen los montajes circuitales.</p> <p>- Realice con sus estudiantes el cálculo de la inductancia de la bobina autoconstruida apoyándose en la fórmula de Nagaoka (Apéndice Teórico).</p> <p>- Consulte la Fundamentación Teórica plasmada en el Apéndice.</p> <p>-Ilustre el Prototipo (Realice un esbozo).</p>					
PREGUNTAS SUGERIDAS PARA SUS ESTUDIANTES:					
<p>¿Identifica claramente los componentes del circuito? Describa cómo lo hace.</p> <p>¿Qué función cumple el condensador y el inductor en el circuito? ¿Por qué?</p> <p>¿Son o antagónicos los efectos del inductor y condensador? ¿Por qué?</p> <p>¿Tuvo alguna complicación para realizar el montaje y mediciones? ¿Cuál o cuáles?</p> <p>¿Qué relación observa entre el resultado de las ecuaciones de la Tabla y la corriente total?</p> <p>¿Por qué el resultado de la expresión $\sqrt{i_R^2 + (i_L - i_C)^2}$ es similar o aproximado a la corriente total medida?</p> <p>Si la fuente fuera de corriente continua, ¿Qué sucedería con respecto a las corrientes antes calculadas? ¿Funcionaría de la misma manera el circuito? Experimente.</p> <p>Realice el Diagrama Fasorial con respecto a las corrientes.</p>					

CAPÍTULO VI

6.1. Conclusiones.

Hoy en día, debido al auge globalizador y los cambios paradigmáticos, el docente de Física ha de ser un crítico reflexivo de sus propias estrategias didácticas, buscando siempre la mejor forma de hacer que sus estudiantes aprendan los diversos contenidos a impartir, considerando que el aspecto experimental es fundamental en esta signatura, la cual es de carácter fenomenológica. Para ello debe aplicar diversos recursos, sobre todo en tópicos “complicados” para enseñar, como es el caso del Electromagnetismo, que a juicio de los propios docentes expertos, es debido a su carácter abstracto. Por consiguiente, el hecho de elaborar o considerar alternativas didácticas donde se aborden estos contenidos ha de ser muy importante para los docentes especialistas.

En este sentido, la presente investigación se enfocó en abordar desde el punto de vista experimental, los circuitos RLC, como parte del contenido establecido en el programa oficial de Física del 5to. Año de Educación Media, donde se logró plasmar, empleando el formato del Manual para la Enseñanza de las Ciencias de la UNESCO (2004), los circuitos RLC en sus asociaciones Serie y Paralelo, usando para su construcción, materiales de fácil adquisición e induciendo al reciclaje de componentes eléctricos o electrónicos. De esta manera, se involucró a los participantes en esa parte de la Física denominada Electricidad y/o Electrónica, con la intención de que esta propuesta redunde, luego de su

aplicación en aulas, en estímulo u orientación para aquellos estudiantes que sienten inclinación hacia estas carreras profesionales.

Para ello, se contó con el muy significativo apoyo de los docentes especialistas en la difusión del proyecto, que consistió en la explicación del contenido del Manual, tanto en sus aspectos teóricos como prácticos; y donde los docentes expertos de la comunidad de estudio siempre estuvieron atentos a brindar ideas con la intención de mejorar este material didáctico para la experimentación de los circuitos RLC, lo cual constituye la esencia de esta investigación. Evidenciándose de esta manera que se pueden obtener resultados positivos, referentes a proyectos educativos, cuando existe la colaboración y el compromiso por parte de los integrantes de dicho proceso.

En cuanto a la fase de difusión, ésta se pudo considerar como todo un éxito en términos de la satisfacción por parte de los docentes quienes evidenciaron una forma de experimentar estos circuitos sin la necesidad de tener modelos mecánicos costosos en sus laboratorios de Física, derrumbándose la excusa de no poder abordar este contenido por falta de dotación. Además, la teoría expuesta, les pareció muy sencilla y fácil de comprender, la cual fue adaptada al nivel cognitivo de los estudiantes de secundaria, empleando un lenguaje sencillo, elementos de la cotidianidad y alto grado de participación activa, lo que genera mayor motivación.

Cabe destacar, que en virtud de las opiniones de los docentes expertos referente a la escasa información sobre el tópico de estudio en los textos de Física de 5to. Año de los autores anteriormente citados, se determinó considerar para la elaboración del Manual, también, a algunos de carácter Universitario como lo son Sears y Zemansky (2005), Serway y Jewett (2009) junto al texto denominado “Conceptos de Física” de Paul Hewitt (2002). Sin embargo, como este contenido de los circuitos RLC está presente en ciertos programas del área Eléctrica se consideró además al texto técnico “Electricidad III” del autor Mileaf (2006), aunado a las experiencias en dicha área que posee el investigador, quien aparte de

educador es Técnico Superior en Electricidad. Todo lo anterior, se tomó en cuenta para seleccionar los más adecuados criterios de adaptabilidad al contexto, brindando así un carácter más dinámico, holístico y válido al presente estudio.

6.2. Recomendaciones:

En primera instancia, es importante que el lector de este estudio comprenda que enseñar no es tarea fácil. Por el contrario, es una gran responsabilidad que amerita de una reflexión constante de la propia praxis docente, es decir, de las estrategias didácticas, de los contenidos a impartir, del contexto, entre otros aspectos pedagógicos que dan vida al proceso educativo. La importancia de esta reflexión redundaría, con toda certeza, en la necesidad de prepararse y actualizarse constantemente, sobre todo en el mundo tan cambiante que se vive hoy día, donde muchas veces los estudiantes están más informados sobre ciertos aspectos importantes que el propio docente.

En este sentido, este estudio plantea una alternativa de solución para experimentar los circuitos RLC, sin necesidad de contar con dotación de materiales sofisticados en los laboratorios de las instituciones educativas, tanto públicas como privadas, de Educación Media; sino que, se emplean materiales de bajo costo y reciclables presentes en la cotidianidad, puesto que se emplean componentes de artefactos eléctricos o electrónicos en desuso, haciendo más participativo el aprendizaje. De allí que, sería importante que instituciones como el CENAMEC tomen como ejemplo esta estrategia didáctica para divulgarla y fomentar así talleres de actualización docentes donde se presenten proyectos de carácter experimental sobre otros contenidos de Física o, en particular, del electromagnetismo, como es el caso de los circuitos en corriente continua, RL o RC, circuitos RLC en resonancia, entre otros.

Ahora bien, una de las mejores herramientas con las que puede contar un docente hoy en día es la Internet. En ésta, aparecen numerosas páginas web dedicadas al planteamiento de prácticas de laboratorio sobre diversos tópicos de la asignatura, empleando materiales de bajo costo y donde los estudiantes logran tener un alto porcentaje de participación en la construcción de su aprendizaje, facilitando enormemente la tarea del docente, y simultáneamente cumpliendo con un principio fundamental de la Física, la cual es la experimentación, lo que conllevaría una comprensión más palpable, por parte de los estudiantes, de las teorías explicadas por el docente en las sesiones de clases. Sin embargo, lo propuesto con esta idea no es sólo el copiar o emular lo que aparece en estas páginas electrónicas, sino también, tomarlo como base para innovar en la creación de nuevas alternativas didácticas en la asignatura. Como sucedió en el caso particular de este estudio, donde el investigador revisó en diversas fuentes, tanto físicas como digitales respecto a la experimentación de los circuitos RLC, obteniendo cierta carencia de material, sobre todo a nivel secundario, por lo cual decidió, junto con la ayuda de los docentes encuestados y participantes del Taller divulgativo de su proyecto, crear el manual Didáctico propuesto en este estudio.

Por otro lado es necesario que los docentes recuerden que el objetivo de la enseñanza es el aprendizaje del conocimiento por parte de los estudiantes. De allí que, se tome en cuenta las características de los grupos de estudiantes; y una de las características principales de los jóvenes es la curiosidad. Por lo tanto es preciso aprovechar esta cualidad para fomentar el carácter investigativo e inductivo generado, en el caso de la Física como Ciencia Fenomenológica, que todo experimento físico, por más sencillo que sea conlleva un gran aprendizaje. Si el docente lo explota, en el sentido didáctico, podría convertir el proceso en un aprendizaje significativo para sus estudiantes. Idea tomada para la elaboración de la presente investigación. Asimismo, esta estrategia didáctica puede ser fácilmente adaptada y aplicada a cursos de Física, Electricidad o Electrónica, tanto a nivel medio como superior, en el caso de Universidades, Politécnicos o Tecnológicos.

REFERENCIAS

- AMELLI, R: (2005), Física de 5to. Año. Editorial Salesiana.
- ALFARO, M: (2000), Evaluación del Aprendizaje. Caracas. FEDUPEL.
- AUSUBEL, DAVID: (2000), Adquisición y retención del conocimiento, una propuesta cognoscitiva, Barcelona, España. Ediciones Paidós.
- BALESTRINI, Mirian: (2001), Cómo se elabora el proyecto de Investigación, Consultores Asociados Servicio Editorial. Caracas, Venezuela.
- BARBOSA, L. y MORA-LEY, C. (2010), Los experimentos discrepantes como una herramienta pedagógica en el aprendizaje de la física. Revista Colombiana de Física, Vol. 42, No. 1 de 2010.
- BURBANO, Pedro: (2001), Reflexiones sobre la enseñanza de la Física, Colombia Universitas Scientiarum ISSN: 0122-7483 ed: Educacion Continua, Facultad De Ciencias Pontificia Universidad Javeriana v.6 fasc. p.55-59.
- CAMERO, F. y Crespo, A.: (2005). Física de 2do. Año de Ciencias, Editorial Discolar. Caracas, Venezuela.
- CAMPANARIO, Juan: (1999), Cómo enseñar Ciencias: Principales tendencias y propuestas, Enseñanza de las Ciencias, Vol, 17 (2), pp. 179 – 192.
- CAMPOMANES, José: (1990), Circuitos eléctricos, Universidad de Oviedo, Servicio de Publicaciones, Vol. II, Capítulos 18 y 19 (páginas 955 a 1095).
- DE GUZMÁN, M y GIL, D: (2012), Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Revista de la Organización de estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Editorial Popular. Biblioteca Virtual. [en línea. Consultado el 20 de agosto de 2012].
- FALCÓN, Nelson y otros: (2005), Naturaleza de la Luz: recursos experimentales didácticos y recreativos. Revista educativa Candidus 34 (6) 100-102.
- GARCÍA, Antonio: (2005), El diodo como operador elemental en circuitos electrónicos. Revista EUREKA sobre enseñanza y divulgación de las ciencias. Vol 2, n. 11, Pp 64-78.

GOETZ, J.P. y LECOMPTE, M.D: (2002), Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativo. Evaluación del diseño etnográfico, Madrid. Ediciones Morata, S.A.

GONZÁLEZ, Arnaldo: (2005), La Física en 2005 y el aprendizaje significativo. Revista Iberoamericana de Educación.

GUBA, E. G., y LINCOLN Y. S: (1994), Competing paradigms in qualitative research, En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (Eds.). Handbook of qualitative research. London: Sage.

HEWITT, Paul (2002), Conceptos de Física. Editorial Limusa. México.

LUNDIN, R: (1985), A Handbook Formula for the Inductance of a Single-Layer Circular Coil," Proc. IEEE, vol. 73, no. 9, pp. 1428-1429.

MARTÍNEZ, Miguel: (2004), Ciencia y Arte en la metodología cualitativa, México: Trillas.

MILEAF, Henry: (2006), Electricidad Cuatro, Editorial Limusa: México.

MONTILVA, Argelya: (2009). Construcción colectiva de estrategias para la comprensión del concepto de Inducción electromagnética. Tesis de Maestría de la Universidad de Carabobo.

NAVARRO, E. (2002), Física de 2do. Ciclo Diversificado, Ediciones ENV, Caracas, Venezuela.

PÉREZ, Eliexer: (2009), Estrategias reconstructivas para modelos y prototipos experimentales para el aprendizaje de óptica geométrica y óptica física. Tesis de Maestría de la Universidad de Carabobo.

PÉREZ E. y FALCÓN N: (2009), Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 6(3, pp. 452-465)

SALAMI, Marcos: (2004), Actividades de experimentación con materiales de bajo coste para la enseñanza de Física: capacitares y resistores, Tesis de Maestría de la Pontificia Universidad de Rio Grande del Sur, Porto Alegre, Brasil.

SÁNCHEZ, M.; PEDROZA, A. y Hurtado, A: (2011). Enseñanza del comportamiento caótico de un circuito RLC de corriente alterna conectado a un dispositivo electrónico no lineal, mediante una simulación computarizada. Revista Colombiana de Física. Vol, 43. Nro. 2.

- SANTILLANA: (2008), Física 2do. C.D, Editorial. Caracas, Venezuela.
- SEARS, Francis. Y M., ZEMASKY: (2005). Física Universitaria, (Undécima Edición), Edit. Pearson, México
- SERWAY, Raymond y JEWETT, Jhon: (2009), Física para Ciencias e Ingeniería con Física Moderna, volumen 2 (Séptima Edición). Cengage Learning Editores. México.
- SOUSSAN, Georges: (2003), Enseñar las Ciencias Experimentales. Didáctica y Formación. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. UNESCO. Santiago de Chile.
- SUÁREZ, William y BRETT Ely: (2002), Física 2do. Ciclo Diversificado. 5ta. Edición. Distribuidora Escolar. Caracas, Venezuela.
- TANTON, René: (1988), Historia General de las Ciencias. Orbis, Barcelona, España.
- TIPLER, Paul: (2010), Física para la ciencia y la tecnología, Ed. Reverté, Vol.II, Capítulo 31.4 (Circuitos de corriente alterna), páginas 1018 y 1019.
- TIPPENS, Paul: (2005), Física, conceptos y aplicaciones. Editorial Mc. Graw Hill. 6ta. Edición. Chile.
- TORRENT, Reverter: (1995), El docente por una escuela catalana en transformación, Sociedad catalana de Pedagogía, Barcelona, España.
- UNESCO: (2004), Manual para la Enseñanza de las ciencias. Edit. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- UNIVERSITAT MIGUEL HERNÁNDEZ: (2009), Análisis de Circuitos y Sistemas Lineales. Material [En línea, 20 de febrero de 2013] disponible en: http://repositorio.innovacionumh.es/Proyectos/P_19/Tema_2/UMH_01.htm.
- VÁZQUEZ, Francisco: (2007), Modernas estrategias para la enseñanza. Ediciones Euro. Tlalneplanta, México.

ANEXOS

ANEXO 1



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
ÁREA DE ESTUDIO PARA GRADUANDOS
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN FÍSICA**



ENCUESTA PRELIMINAR

La presente encuesta tiene como finalidad recabar toda la información necesaria para realizar un estudio que permitirá **USO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LAS NOCIONES DE LA CORRIENTE ALTERNA** (fundamentado en la ejemplificación de los circuitos **RCL**: Resistivos, Auto inductivos y Capacitivos). Cabe destacar que la información suministrada por el encuestado es de estricta confidencialidad ya que sólo es importante y de competencia para el investigador. Por lo que se le agradece toda la sinceridad posible, al responder cada una de las preguntas que se le realizarán.

INSTRUCCIONES

- Lea cuidadosamente cada una de los Ítems antes de responder cada pregunta.
- Marque con una X, en sólo una de las alternativas propuestas en cada pregunta, según su criterio de respuesta.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
ÁREA DE ESTUDIO PARA GRADUANDOS
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN FÍSICA



CUESTIONARIO

1.- ¿Le gustaría recibir algún taller de actualización o mejoramiento profesional acerca del contenido de Electromagnetismo, particularmente circuitos **RLC** dirigido al 5to. Año de educación media general?

Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

2.- ¿Considera usted fundamental que el contenidos de corriente alterna, en específico circuito **RLC** sea ejecutado a nivel del 5to. Año de educación secundaria como nociones de la teoría del Electromagnetismo?

Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

3.- ¿Cree usted relevante desarrollar los contenidos referentes a circuitos en corriente alterna en el 5to. Año de educación media como nociones de la teoría del electromagnetismo?

Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

4.- ¿Considera Usted, que los aspectos relacionados con los circuitos en corriente alterna están desarrollados adecuadamente en el manual del docente de física quinto año?

Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

5.- ¿Cree usted relevante que en las sesiones de clases sobre circuitos en corriente alterna debe emplearse las demostraciones de aula para el desarrollo de la misma?

Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

6.- ¿Considera Usted significativo, realizar actividades prácticas experimentales referentes a circuitos en corriente alterna?

Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

7.- ¿La institución donde usted labora, le ha proporcionado algún material uso docente (guía o textos entre otros) relacionados con los circuitos en corriente alterna?

Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

8.- ¿La institución donde Usted labora, está dotada de los equipos idoneos para el perfeccionamiento de las prácticas experimentales (actividades de laboratorio)sobre electromagnetismo como fuentes de poder , protoboards y un osciloscopio?

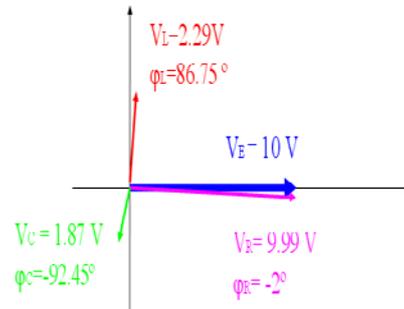
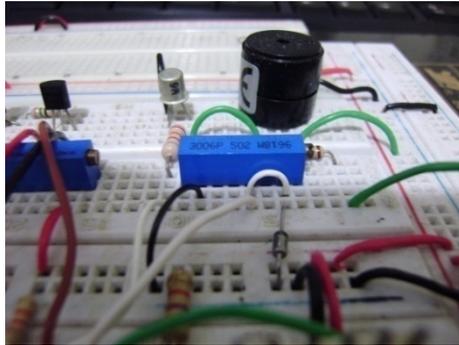
Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

9.- ¿Ha empleado usted el uso de los siguientes dispositivos como demostración de aula para ilustrar el contenido de circuito RLC: inductores, resistores, condensadores, conectores, multímetro y conductores?

Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5

10.- ¿En la institución donde usted labora, el MPPE le ha dotado de algún material docente dirigido a la Física de 5to. Año de educación media general?

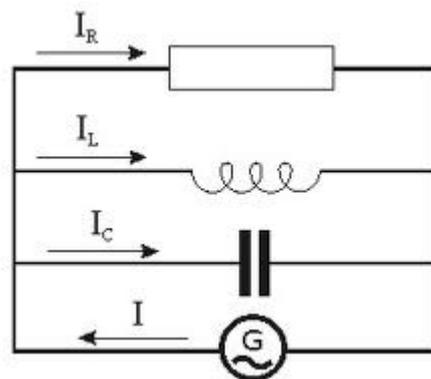
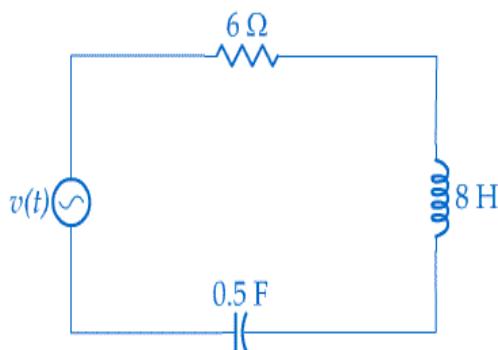
Totalmente De acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	2	3	4	5



ANEXO 3

Manual Didáctico sobre Circuitos RLC en Corriente Alterna

(Apéndice Teórico)



Manual Didáctico sobre Circuitos RLC

Introducción

Es preciso recordar siempre que Física es una ciencia fenomenológica y, como tal, para ésta, los fenómenos, simulados muchas veces por medio de experimentos, son su esencia. Por esto, es importante, desde el punto de vista didáctico, demostrar a los estudiantes las teorías físicas originadas a partir de la observación de los fenómenos.

En virtud de lo anterior, y dada la importancia y necesidad de explicar el contenido de circuitos RLC en la asignatura Física de 5to. Año, aunado a que muchas veces es dificultoso, para el docente, abordarlo por el hecho de presentar carencias en sus instituciones educativas en cuanto a recursos sofisticados para experimentar este tipo de circuitos. Sin embargo, es necesario cambiar esquemas y entender que los mismos objetivos didácticos planteados para un tema en particular de Física se pueden lograr empleando también recursos accesibles, tanto para docentes como para estudiantes. Jocosamente se puede citar el caso de la serie estadounidense “Mcguiver”, donde este personaje con pocos utensilios hallados en la situación problemática en que se encontrara lograba elaborar Tecnología “rudimentaria”. En este caso se tomaría esta misma idea pero argumentada científicamente. Y el tópico Circuitos RLC no sería una excepción para esto.

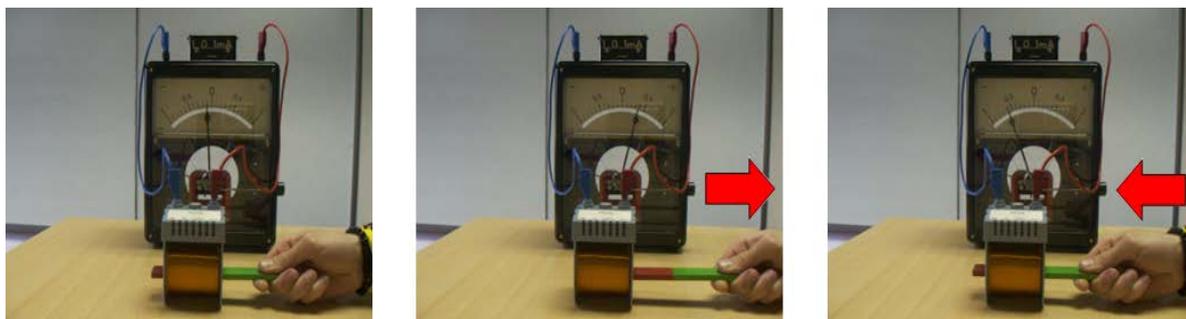
Con este manual, se podrá demostrar, a través de experimentos sencillos, las características fundamentales de los circuitos RLC serie y Paralelo. Parte esencial de la teoría de este tópico. A la vez, se hará inducir a los colegas en el mundo de la Electricidad y Electrónica en aras de que, posteriormente, brinden la misma experiencia a sus estudiantes. Asimismo, de forma inicial, se presentará una fundamentación teórica con el propósito de actualizar o refrescar conceptos propios del tema.

Como sugerencia, para los docentes de Física, y aplicando las ideas de Paul Hewitt, se les recuerda o informa que es muy efectivo, desde el punto de vista didáctico, introducir a los estudiantes, en algún contenido de la asignatura, a partir de la conceptualización de los fenómenos. Para ello, es preciso que los observen. Por esta razón, se recomienda comenzar el abordaje de este tema con la elaboración de los experimentos y su consecuente observación, para posteriormente teorizar, y, en última instancia, llevar a cabo resoluciones o análisis de circuitos a través de los cálculos matemáticos.

Fundamentación Teórica para los colegas

Si bien es cierto que los conceptos asociados a los circuitos RLC son abstractos, esto no ha de ser una traba para que el docente de secundaria pueda hacer entender a sus estudiantes el fenómeno físico que representan. El sólo hecho de hacer mención de la corriente alterna hace necesario el hecho de haber inducido al estudiante en el concepto de Electromagnetismo. Es por ello que, se iniciará este diálogo didáctico docente con dicho fundamento teórico.

En 1831, tuvieron lugar dos estudios independientes muy importantes, Michael Faraday y Joseph Henry, introdujeron un imán en una bobina de alambre (conductor arrollado) induciéndose en ésta una tensión o diferencia de potencial. Al sencillamente mover dicho imán hacia dentro y fuera de la bobina, se hacía fluir corriente eléctrica a través de la misma, generándose así la inducción electromagnética. Esta inducción sólo depende del movimiento relativo entre el campo magnético y el conductor de la bobina. Puede producirse si el campo es estacionario y el conductor se hace mover sobre éste, viceversa, o si ambos se mueven. Al aumentar el número de espiras de la bobina, pues, aumentará la tensión inducida. Lo mismo ocurre si se aumenta la rapidez con que le alambre atraviesa las líneas de campo. Curiosamente se notó también que al hacer oscilar el imán hacia adentro y afuera de la bobina, se alterna el sentido de la tensión inducida, y la frecuencia del cambio en el campo magnético equivale a la frecuencia de esta tensión inducida. ¡Nació la corriente alterna!



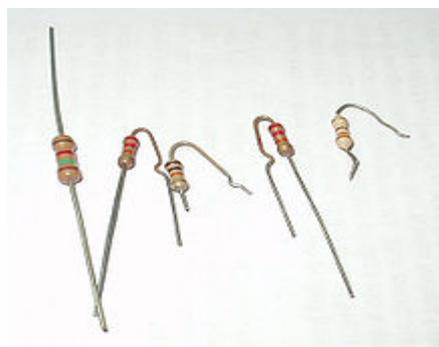
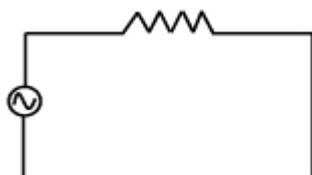
En el montaje se conecta la bobina directamente al galvanómetro mediante los cables de conexión. Sin aplicar campo magnético a la bobina se observa que no hay corriente eléctrica fluyendo por el circuito pues la aguja del galvanómetro está en cero. Cuando se introduce y se saca el imán de la bobina se observa que la lectura del galvanómetro cambia, indicando que hay corriente eléctrica fluyendo por el circuito.

Se encuentra entonces que un campo magnético que varía en la bobina induce un campo eléctrico en el circuito que da lugar a una corriente eléctrica. El resultado anterior se generaliza por medio de la ley de Faraday: "un campo magnético que varía induce un campo eléctrico".

Hoy en día, como es bien sabido, la mayoría de los artefactos y equipos eléctricos de los hogares, comercios, industrias, entre otros, trabajan en base a la corriente alterna. Si se llegara a destapar alguno de ellos, interiormente se podrá observar diversos componentes eléctricos o electrónicos. Los más comunes son tres: Bobinas, condensadores y resistores. Estos elementos, aunque no se evidencien en todo momento, son parte de la cotidianidad. De allí la importancia del estudio de los circuitos RLC.

Ahora bien, ¿qué es un circuito RLC? Según su esencia y razón de ser, es un circuito compuesto, fundamentalmente, por una fuente de corriente alterna, un Resistor, un Capacitor (Condensador), y un Inductor (Bobina). ¿Cómo se comportan estos dispositivos en corriente alterna?, ¿será equivalente a conectarlos en un circuito de corriente continua?

El Resistor



Una fuente de corriente alterna, comúnmente, una bobina que gira con velocidad angular (ω constante en un campo magnético, genera una tensión de tipo sinusoidal, es decir, la tensión se alterna con el mismo comportamiento de una gráfica de función Seno. Al estar conectada esta fuente en un circuito, ocurre un fenómeno similar con la corriente, se alterna sinusoidalmente. Es por esta razón que, en los circuitos de corriente alterna, se representan estos parámetros eléctricos mediante vectores rotativos. El valor o cantidad que varía de forma sinusoidal con el tiempo se representa mediante la proyección sobre un eje horizontal de un vector cuya longitud es igual a la amplitud de la cantidad, girando en dicho sistema de referencia, en el sentido contrario a las agujas del reloj (como se observa en gráfico posterior) con velocidad angular constante (ω). A este vector se le denomina “Fasor” y al sistema donde se ubican “diagramas fasoriales”. Un fasor no es una cantidad física real con una dirección en el espacio, tal cual la velocidad, fuerza, etc, sino que es una entidad geométrica que ayuda a analizar cantidades físicas que varían con el tiempo.

Al conectar un Resistor, el cual es un elemento pasivo (que sólo consume energía, no la produce), a un circuito de Corriente alterna, ésta mantiene su propiedad intacta, es decir, la Resistencia (R) no varía porque es intrínseca a la naturaleza del material con la que se elaboró. Su resistencia no variará, significativamente, en relación a la frecuencia de la fuente. Otro aspecto a resaltar, es el hecho de brindar oposición al paso de la corriente, de manera análoga que en el circuito de corriente continua. En ella, los parámetros Tensión y corriente se mantienen en fase, es decir, sus señales se manifiestan simultáneas. Para este caso $I = V/R$

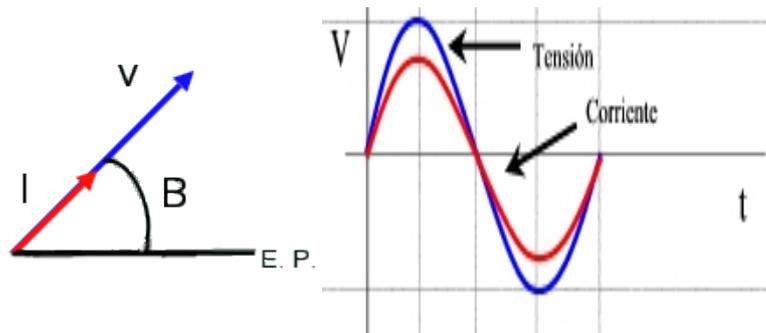


Diagrama Fasorial de un Resistor en corriente alterna.

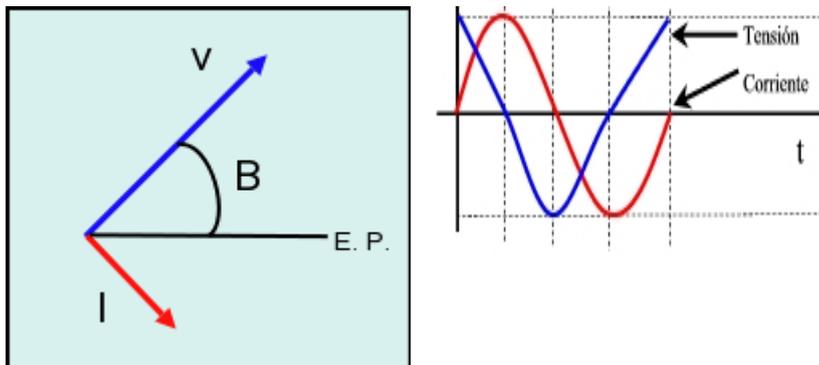
El Inductor



Al conectar un inductor o bobina a una fuente de corriente, este dispositivo se comporta prácticamente como un conductor simple. A diferencia de esto, al conectarse en una fuente de corriente alterna, ésta presenta una situación fenomenológica muy diferente, también con respecto al resistor. El inductor, que es un elemento pasivo almacenador de energía en forma de campo magnético, sí es afectado por la frecuencia de la fuente. Éste posee como característica natural, debido a su elaboración, a la inductancia (L), la cual representa la medida de oposición a un cambio de corriente por el mismo, almacenando energía en presencia de un campo magnético. La inductancia depende de las características físicas del conductor y de la longitud del mismo. Si se enrolla un conductor, la

inductancia aumenta. Con muchas espiras se tendrá más inductancia que con pocas. Si a esto se añade un núcleo de ferrita, aumentaremos considerablemente la inductancia.

Cuando circula corriente alterna por el inductor, en éste se presenta una tensión o diferencia de potencial denominada fuerza electromotriz inducida. Ambos parámetros se encuentran defasados, la corriente se atrasa con respecto a la tensión, presentándose en la gráfica consecutiva, donde aparecen ambas señales, generalmente, 90° de diferencia, si el elemento es inductivo puro.

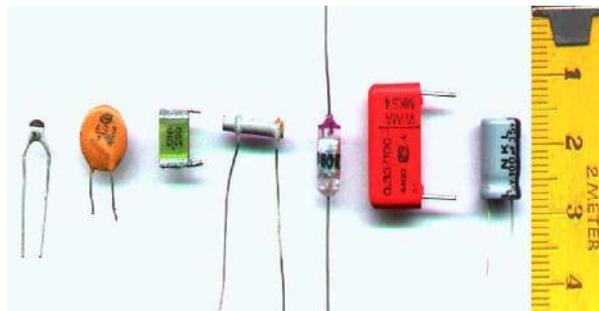
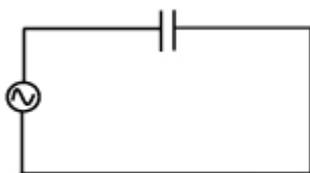


Es preciso destacar que en este caso, la bobina le ofrece oposición al paso de la corriente, pero ¿cómo es posible esto si no es un resistor? Resulta que el fenómeno es muy similar en ambos elementos, pero en el caso de la bobina a esta cualidad se le denomina Reactancia Inductiva, la cual representa el valor óhmico del inductor. Esta reactancia depende de la frecuencia de la fuente y su expresión viene dada por la siguiente ecuación:

$X_L = 2\pi fL$; donde f representa la frecuencia de la fuente.

$$I = V/X_L$$

El Capacitor

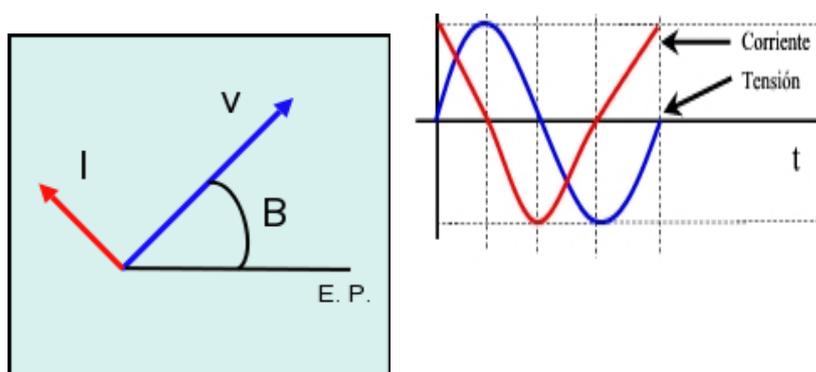


El condensador o capacitor es un elemento constituido, básicamente, por dos láminas metálicas aisladas entre sí por un material dieléctrico. Es un

almacenador de energía en forma de campo eléctrico. Su propiedad inherente es la Capacitancia (C), la cual representa la capacidad de almacenar carga eléctrica. Cuando se conecta a una fuente de corriente alterna, se carga hasta adquirir la magnitud de la tensión de la fuente pero opuesta a ésta, lo que hace que no circule más corriente, convirtiéndose en una especie de abertura en el circuito. Al conectarse a una fuente de corriente alterna, igualmente que con el inductor, éste es afectado por la frecuencia de la fuente. Asimismo, provoca una oposición a la corriente del circuito denominada Reactancia Capacitiva (X_C), cuyo valor óhmico viene expresado por la siguiente ecuación:

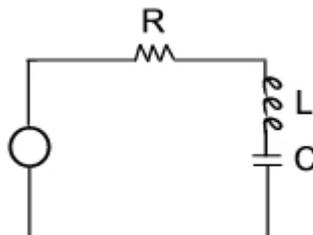
$$X_C = 1/2\pi fC$$

La corriente en este elemento pasivo se adelanta con respecto a la Tensión, prácticamente si es capacitivo puro, en 90° , tal cual se muestra en la siguiente gráfica.



$$I = V/X_C$$

Impedancia



Circuito RLC simple en serie

La impedancia (Z) es la combinación o suma fasorial de las resistencias y las reactancias presentes en un circuito de corriente alterna. Es la oposición neta que se le presenta al paso de la corriente en un circuito de corriente alterna. En el caso de los circuitos RLC, para obtener la impedancia del circuito no basta sumar algebraicamente todos los valores óhmicos de los elementos pasivos que la

constituyen, debido a que presentan defasajes. Una característica muy importante de este tipo de circuitos es el hecho de la anulación de los efectos de las reactancias. Debido a las características de defasaje del condensador e inductor, recuerde que son totalmente opuestos, sus efectos se anulan; de allí que, la impedancia se determinaría con la siguiente expresión:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Por lo cual, si en un circuito RLC serie, como el ilustrado anteriormente, las reactancias capacitiva e inductiva son de magnitudes iguales, el circuito se comportaría como resistivo puro, relacionándose esto con un fenómeno denominado Resonancia en los circuitos RLC. La tensión de la fuente que equivale al de la impedancia, por Ohm, sería:

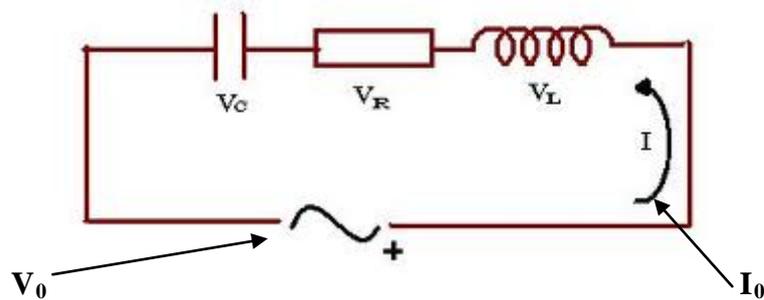
$$V_Z = I \cdot Z$$

Circuitos RLC Serie y Paralelo

De la misma manera como se presentaron las asociaciones de los circuitos en corriente continua se dan también en corriente alterna. Para ello se aplican las mismas Leyes y Teoremas, como es el caso de la Ley de Ohm y Kirchoff, sólo que hay que tener en cuenta el defasaje entre parámetros y las magnitudes de los mismos. Si la tensión en alterna se comporta de forma sinusoidal, ésta adquirirá valores variados a lo largo de su ciclo. Sin embargo, para el análisis de los circuitos se pueden tomar, sin ningún problema, sus valores picos o eficaces. El valor eficaz es el equivalente en alterna al valor de del mismo parámetro que si estuviera en corriente continua. Es el valor que indican los medidores de parámetros eléctricos como el voltímetro y amperímetro.

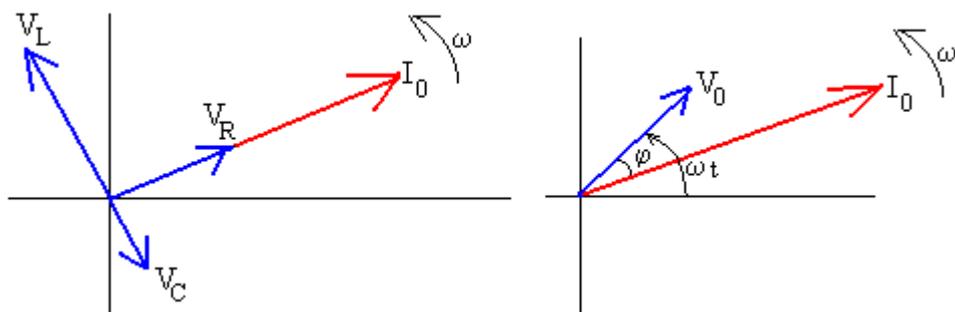
La impedancia como está formada por resistencias y reactancias, y como estas últimas generan defasajes, se considera, análogamente, al valor óhmico de la resistencia como valor Real y al de las Reactancias como el de Imaginarios, permitiendo esto hacer los cálculos de parámetros de estos circuitos empleando la herramienta matemática de los números complejos. De allí, la importancia de conversar con el docente de Matemática para lograr su apoyo, en el sentido de que refuerce este contenido (si los estudiante s lo abordaron en el curso anterior) o que lo explique antes de comenzar, en Física, con el tema de circuitos RLC. Aprovechando, a su vez, las propiedades y operaciones básicas de los mismos.

Circuito Serie RLC



Este tipo de circuito presenta como características fundamentales:

- La corriente generada por la fuente de corriente alterna es la misma que circulará por todos los elementos conectados en el circuito.
- La suma fasorial de las tensiones de los elementos pasivos conectados al circuito equivaldrá a la tensión de la fuente.



El vector resultante de la suma de los tres vectores es

$$V_g = \sqrt{(V_r)^2 + (V_L - V_C)^2}$$

Donde \$V_T\$ equivale a la tensión de la fuente, \$V_R\$ a la tensión del resistor, \$V_L\$ a la tensión del inductor y \$V_C\$ a la del capacitor. La velocidad angular de los fasores es representada por \$\omega\$.

- La impedancia total es la suma fasorial de los elementos pasivos del circuito.

De allí que se cuentan con las siguientes ecuaciones:

$$\vec{Z} = Z \angle \phi = R + (X_L - X_C)j$$

siendo \$\phi\$ (ángulo de defasaje)

$$\phi = \arctan\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$$

Se pueden presentar los siguientes casos:

- $X_L > X_C$: circuito predominantemente inductivo, la intensidad queda retrasada respecto de la tensión
- $X_L < X_C$: circuito predominantemente capacitivo, la intensidad queda adelantada respecto de la tensión.
- $X_L = X_C$: circuito resistivo, la intensidad queda en fase con la tensión (Resonancia)

Asimismo, Ohm establece que:

$$\vec{Z}_{AB} = \frac{\vec{V}}{\vec{I}}$$

donde \vec{Z}_{AB} es la impedancia equivalente o total de la asociación; es decir, aquella que se conecta a la tensión de la fuente (\vec{V}), demandando la misma intensidad, \vec{I} .

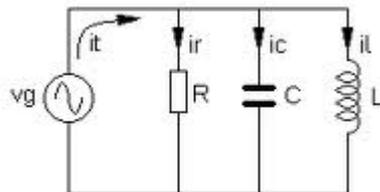
Por otro lado para una asociación serie de resistencias, se puede demostrar que

$$\vec{Z}_{AB} = \vec{Z}_1 + \vec{Z}_2 + \dots + \vec{Z}_n = \sum_{k=1}^n \vec{Z}_k = R_T + X_T j$$

lo que implica

$$R_T = \sum_{k=1}^n R_k \quad \text{y} \quad X_T = \sum_{k=1}^n X_k$$

Circuitos en Paralelo RLC



En este tipo de asociación se presentan las siguientes características:

- La tensión de la fuente es la misma aplicada en cada elemento pasivo conectado al circuito.
- La Suma fasorial de las corrientes de rama del circuito equivale a la corriente generada por la fuente.

- La impedancia total equivale al inverso de la suma fasorial de los inversos de cada impedancia de rama conectada al circuito.

De allí que se cuenten con las siguientes ecuaciones:

Análogo al diagrama fasorial de Tensión para la asociación serie:

$$i_t = \sqrt{(i_r)^2 + (i_L - i_C)^2}$$

De acuerdo con Ohm:

$$\vec{Z}_{AB} = \frac{\vec{V}}{\vec{I}}$$

$$\vec{Z}_{AB} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{\vec{Z}_k}}$$

Experimentación

Aunque parezca difícil llevar a cabo prácticas de laboratorio sobre los circuitos RLC, pues en realidad, no lo es. Lo ideal para realizar este tipo de prácticas es contar en un Laboratorio de Física con equipos electrónicos sofisticados, como es el caso de un Osciloscopio para observar las señales, una fuente variable de corriente alterna, quizá un “protoboard” o tabla electrónica de Prueba, entre otros. Sin embargo, este tipo de equipos, en su mayoría costosos, no se encuentran disponibles en gran parte de las instituciones educativas venezolanas. Es por esto que se presentará a continuación una forma relativamente sencilla, económica, práctica y útil para modelar estos circuitos y comprobar o demostrar sus características, haciendo mediciones respectivas.

Para ello, se usarán materiales como, cargador de Teléfono celular en desuso, tarjetas de equipos electrónicos desechados, alambre de cobre, carrete de hilo, 5 metros (aproximadamente) de cable calibre 14 o 16, tenaza, alicate, pinza, Tester o multimedidor eléctrico, estaño, cautín, conectores tipo “caimán”, teipe.

La fuente de Tensión variable sofisticada será remplazada por el cargador de celular, para ello hay que destapararlo y tomar la tensión a la salida del transformador de éste, la cual es una tensión relativamente de poca intensidad y de poco riesgo para la seguridad de los estudiantes. De la misma manera se puede emplear un transformador, en buen estado, de un equipo electrodoméstico desechado, cuya tensión de salida es comúnmente 12 voltios. En este caso se deberá conectar al transformador, por mayor seguridad, un fusible u otro dispositivo de protección para evitar riesgos de cortocircuito o electrocución. Ésta es una conexión sencilla.

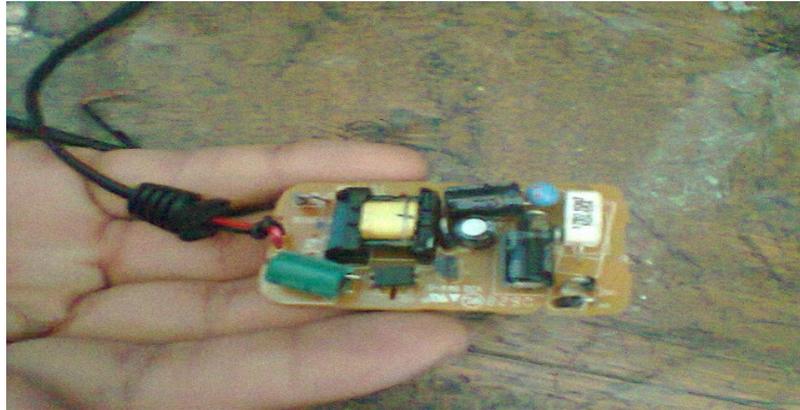


Figura 1. Cargador de celular destapado.

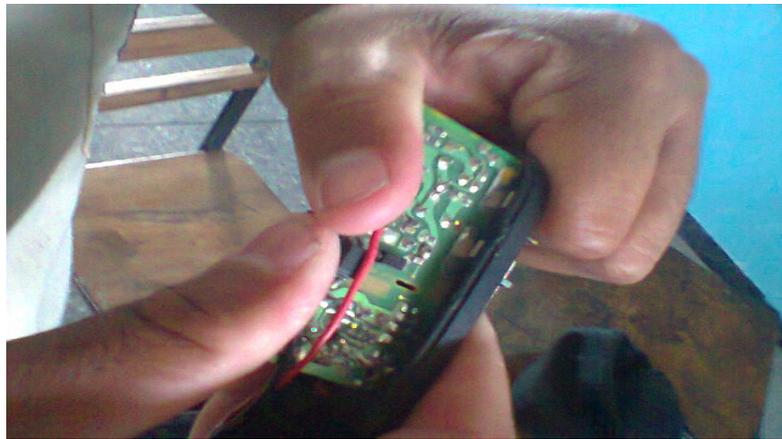


Figura 2. Conectando los cables a la salida del Transformador del cargador



Figura 3. Soldando los conductores, mediante el caufín, a la salida del Transformador del Cargador de celular

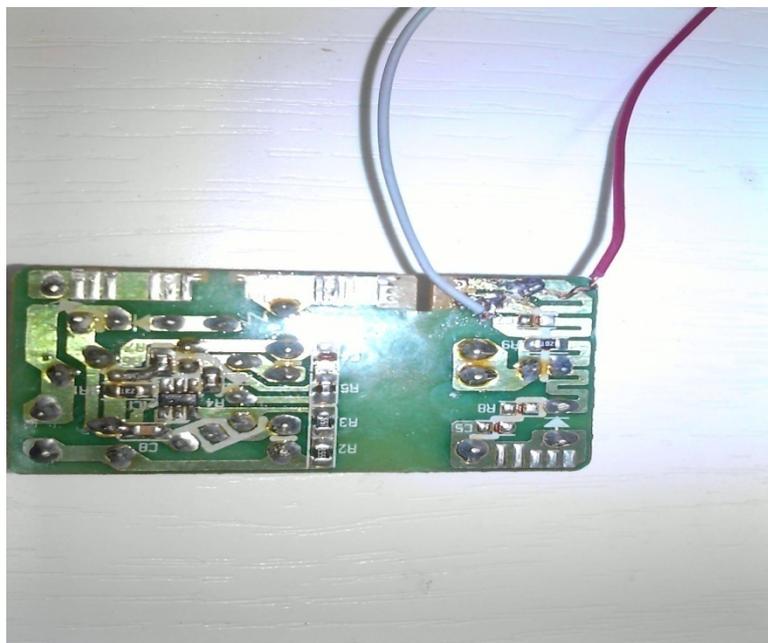


Figura4. Conductores conectados a la salida del Transformador

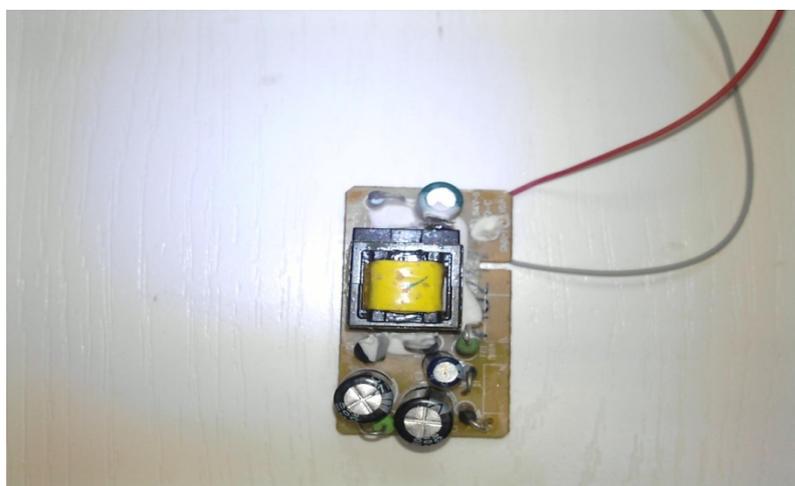


Figura 5. Cargador de celular convertido en fuente de corriente alterna para energizar los circuitos RLC



Figura 6. Haciendo pruebas referentes a la técnica de medición de Tensión, en este caso, sobre los cables conectados a la salida del Transformador del cargador.



Figura 7. Transformador extraído de equipo electrodoméstico



Figura 8. Conexión de conductores al Transformador

Los resistores de baja potencia, condensadores y bobinas, aunque en el mercado son relativamente económicos, serán extraídos de las tarjetas electrónicas, también con la intención de que los estudiantes aprecien la diversidad de estos dispositivos, se familiaricen, entiendan que son parte de la tecnología que usan, aprendan a extraerlos y se adentren en el mundo de la Electricidad y Electrónica. Esto será un factor muy importante, en cuanto al aspecto vocacional, sobre todo para aquellos que les llame la atención estas carreras.

Por otro lado, es preciso acotar que, si las tarjetas carecen de bobinas o las que poseen son inadecuadas, se procederá a construirlas de forma muy sencilla.

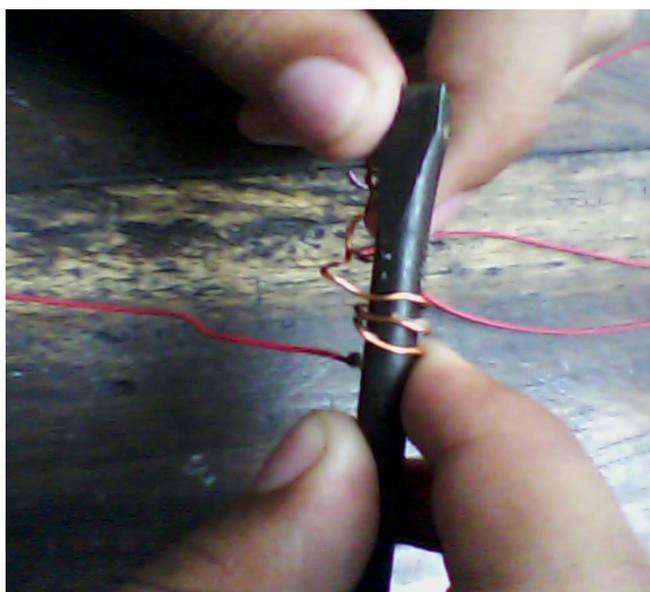


Figura 9. Construcción de bobina

Por otra parte, en el caso de no conseguir una bobina entre los dispositivos de las tarjetas electrónicas encontradas, se puede construir una simple y rudimentaria con núcleo de aire, enrollando alambre esmaltado en una superficie cilíndrica. Para determinar su inductancia, según Lundin (1985), se puede utilizar la fórmula de Nagaoka: $L = 0.3937 \cdot F \cdot d \cdot n^2$, siendo L en valor en microhenrios, d es el diámetro en cm. y n el número de vueltas, y F es un factor que se puede extraer del eje Y del gráfico siguiente y que depende de la relación entre el diámetro y la longitud de la bobina reflejado en el eje X.

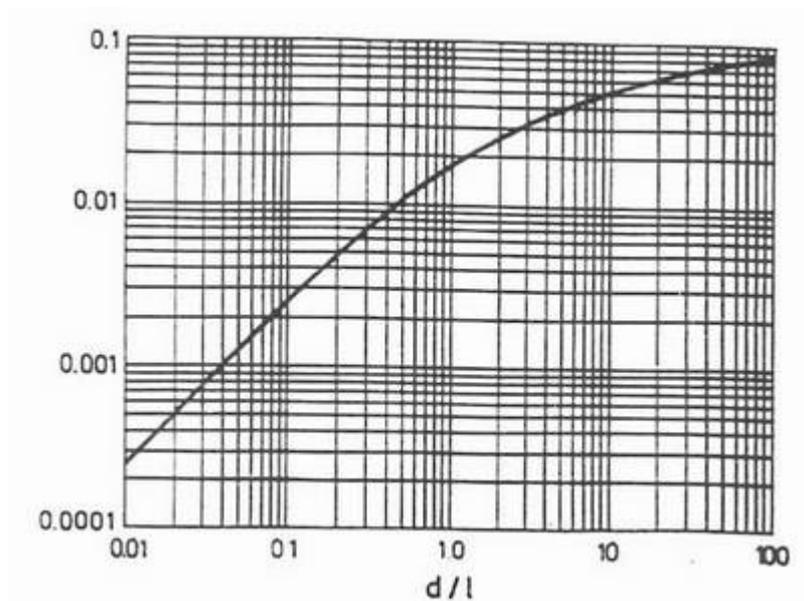


Gráfico del Factor F para bobinas calculadas según la fórmula de Nagaoka

Otra fórmula que no utiliza gráfico es la que se muestra a continuación:

$$L[\text{mH}] = \frac{0,001 n^2 D^2}{l + 0,45 D}$$

n = número de espiras, **D** = diámetro de la bobina en mm, **l** = longitud del bobinado en mm.



Figura 10. Conexión de bobina y condensador en paralelo, en este caso se observa que el condensador es electrolítico, el cual no es el adecuado para estos experimentos debido a su polaridad.

De la misma manera se aprenderá a usar el instrumento de medición en sus variantes de Amperímetro y Voltímetro, con el que, a pesar de no observar, directamente o evidentemente, el comportamiento de las señales, y por ende los defasajes, si comprenderán que estos existen y que no se cumple la linealidad (para algunas características de las asociaciones serie y paralelo) como en el caso de circuitos resistivos en corriente continua, estudiados en clases anteriores.

Cabe mencionar que las conexiones de los circuitos pueden hacerse, también, de forma más cómoda y segura empleando Tablas de Prueba (Protoboards), los cuales no son muy costosos y es de fácil manipulación.

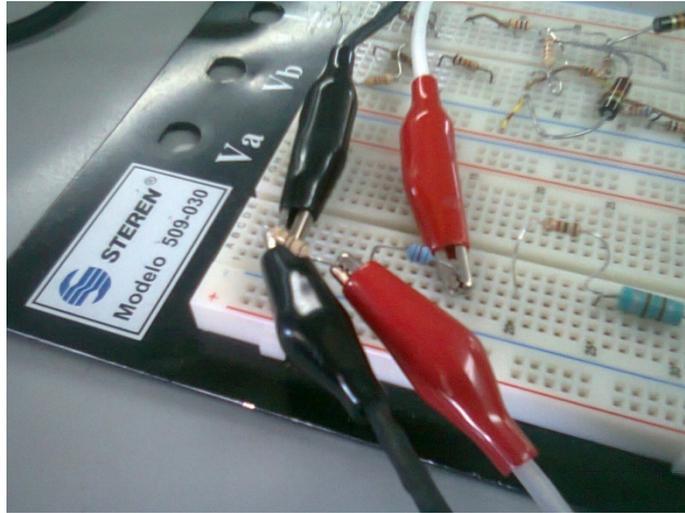


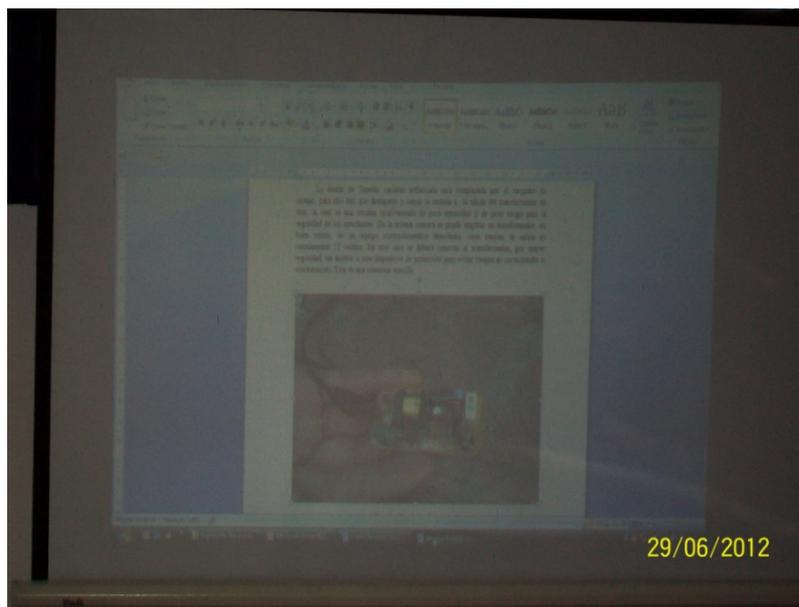
Figura 11. Resistores conectados a un "Protoboard"

De la misma manera, se recomienda a los colegas, antes de realizar las prácticas, conversar con los estudiantes acerca de las Técnicas para el empleo de los instrumentos de medición de parámetros eléctricos y las normas de seguridad para la prevención de accidentes de carácter eléctrico.

ANEXO 4

Fotos del Evento divulgativo de la Estrategia Didáctica propuesta en esta Investigación

Durante la Presentación Teórica:





Durante la Fase Práctica (Con los prototipos):









ANEXO 5

Definición de Términos Básicos.

- Estrategia Didáctica: Es una propuesta que lleva a cabo la observación, el estudio y la aplicación de diversas técnicas y recursos de enseñanza, siempre en la búsqueda de otras formas para incrementar las potencialidades del ser humano en cuanto al manejo del conocimiento, lográndose de esta manera en el alumno un aprendizaje más efectivo. (Vásquez, 2007)
- Circuito Eléctrico: Es un diagrama esquemático de una conexión de dispositivos eléctricos que puede ser en serie, es decir uno seguido del otro, en paralelo si los elementos se conectan sólo entre dos puntos comunes, en la combinación serie-paralelo o delta o estrella cuyas conexiones representan tanto un triángulo como una estrella o “Y”, respectivamente. (Sears y Zemansky, 2005).
- Capacitor: Es todo par de conductores separados por un material aislante. Su propiedad es la capacitancia que se refiere a la capacidad que posee este dispositivo eléctrico de almacenar carga eléctrica. (Sears y Zemansky, 2005).
- Resistor: Es un dispositivo que limita la intensidad de corriente eléctrica que circula por el mismo. Su propiedad es la resistencia la cual depende de las características de los materiales. (Sears y Zemansky, 2005).