



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y
LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD

TITULO:

**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO
PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE MEDICIONES EN
CORRIENTE ALTERNA"**

INFORME TÉCNICO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD.

AUTOR:

Carlos Alberto Correa Rojas

DIRECTOR :

Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR
2014

CERTIFICACIÓN

Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mg. Sc.

DOCENTE DEL ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA; Y DIRECTOR DEL INFORME TÉCNICO.

CERTIFICA:

Que el trabajo de investigación titulado **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DIDACTICO PARA REALIZAR MEDICIONES EN CORRIENTE ALTERNA"**, desarrollado por el señor **Carlos Alberto Correa Rojas**, previo a optar el grado de **Tecnólogo en Electricidad** ha sido realizado bajo mi dirección, mismo que cumple con los requisitos de grado exigidos en las Normas de graduación, por lo que autorizo su presentación ante el tribunal de grado.

Loja, mayo de 2014



Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL INFORME TÉCNICO

AUTORÍA

Yo, **Carlos Alberto Correa Rojas**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Carlos Alberto Correa Rojas

Firma:



Cédula: 1104266232

Fecha: 25/06/2014

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo **CARLOS ALBERTO CORREA ROJAS**, declaro ser autor de la tesis titulada: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DIDACTICO PARA REALIZAR MEDICIONES EN CORRIENTE ALTERNA"**, como requisito para optar al Título de: **Tecnólogo en Electricidad**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI; en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenido la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 30 días del mes de junio del dos mil catorce, firma el autor.

Firma: 

Autor: Carlos Alberto Correa Rojas

Cedula: 1104266232

Dirección: Suiza y Siria 20-44 **Correo:** ccorreaiem03@yahoo.com

Teléfono: 072 108042 **Celular:** 0991579421

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera, Mg. Sc.

Tribunal de grado: Ing. Ramiro Marcelo Borrero Espinosa.

Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc.

Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvín, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

La gratitud es un sentimiento, una práctica sagrada y un espacio que permite a las personas valorar las grandes oportunidades que nos proveen las instituciones, por esta razón hago extensible mi más sincero agradecimiento a la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, al **ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES** por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y poder concluir con la respectiva graduación, agradecimiento que lo hago también de manera especial al Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera Director del trabajo práctico por guiar y transmitir sus conocimientos y estimular mi trabajo para llegar a una culminación satisfactoria.

También expreso gratitud al Ing. José Espinoza, a las autoridades, profesores, personalmente administrativo y a todos quienes en el transcurso de mi vida académica compartieron y contribuyeron con su conocimiento para llegar a solidificar mis anhelos y objetivos.

EL AUTOR

DEDICATORIA

Con el cariño más grande, agradezco la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, quienes con su apoyo y comprensión estuvieron siempre a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi esposa Andrea y mi hija Xiomara, por ser entes de motivación y apoyo desinteresado.

Gracias a ustedes he podido hacer realidad mi sueño.

Carlos Alberto Correa Rojas

RESUMEN

El estudio de las mediciones de corriente alterna es un tema de suma importancia para las ciencias aplicadas, por lo que con la construcción del tablero didáctico se contribuirá al mejoramiento del proceso enseñanza aprendizaje de los alumnos del Área, este tablero da la posibilidad de realizar conexiones o circuitos donde las magnitudes de corriente y tensión pueden ser medidas cuando se aplique corriente alterna. Para alimentar los circuitos se ha ubicado un transformador reductor cuya potencia es de 900 VA, la corriente en el secundario es de 25 A, y se tiene tensiones de 3, 6, 9, 12, 24 y 36 V para la realización de las diferentes prácticas que se encuentran en forma detallada en el presente informe.

En el tablero todos los componentes se encuentran bien organizados y presentados de tal forma que resulte motivante para los alumnos, se ha elegido distintos componentes como resistores, inductores y capacitores que permitan realizar las prácticas de circuitos RLC sin ninguna dificultad. Se han desarrollado correctamente las prácticas planteadas y los resultados obtenidos han dado cumplimiento con los objetivos planteados en el proyecto.

A través de este equipo didáctico se proyecta a que los alumnos puedan ampliar el conocimiento mediante el desarrollo de experiencias al momento de efectuar una práctica, en el tablero se pueden ejecutar diferentes tipos de conexiones, medir voltajes y corrientes que pueden ser comparados con los datos calculados.

Las medidas del tablero didáctico son 85 cm X 130 cm X 52.5 cm, está construido en madera y cuenta con dos secciones, la primera se hallan colocados todos los instrumentos de medida, protección y alimentación, en la otra sección todos los componentes para experimentación consistentes en resistores, inductores y capacitores. Para un correcto uso del tablero se ha realizado una guía de prácticas.

SUMMARY

The study of the mensurations of alternating current is a topic of supreme importance for the applied sciences, for which will be contributed to the improvement of the process teaching learning of the students of the Área with the construction of the didactic board, this board gives the possibility to carry out connections or circuits where the current magnitudes and voltage can be measured when alternating current is applied. To feed the circuits a transformer reducer it has been located whose power is of 900 VA, the current in the secondary one is of 25 A, and voltages having of 3, 6, 9, 12, 24 and 36 V for the practical realization of the different ones that they are presently in detailed form report.

In the board all the components are very organized and presented in such a way that are motivating for the students, we have been chosen different components as resistors, inductors and capacitors that allow carrying out the practices of circuits RLC without any difficulty. We have been developed the outlined practices correctly and the obtained results have given execution with the objectives outlined in the project.

Through this didactic team it is projected to that the students may enlarge the knowledge by means of the development of experiences to the moment to make a practice, in the board different types of connections can be executed, to measure voltages and currents that can be compared with the calculated data.

The measures of the didactic board are 85 cm X 130 cm X 52.5 cm, it is built in wood and have two sections, the first are placed all the measure instruments, protection and feeding, in the other section all the components for consistent experimentation in resistors, inductors and capacitors. For a correct use of the board we have been carried out a guide of practical.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDOS	PÁG.
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
A. TEMA	1
B. INTRODUCCIÓN	2
C. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y UTILIDAD	4
1. Tablero didáctico	4
2. Alimentación de energía	6
2.1. Construcción del transformador Rectificación	7
2.1.1. Sección del núcleo	7
2.1.2. Potencia del transformador	8
2.1.3. Número de espiras por voltio	8
2.1.3.1. Número de espiras en el bobinado primario	8
2.1.3.2. Número de espiras en el bobinado secundario	8
2.1.4. Diámetro del conductor	9
3. Cargas lineales acopladas al tablero	10
3.1. Resistores	10
3.2. Inductores	10
3.3. Capacitores	12
4. Instrumentos de medida	13

D.	MATERIALES	15
E.	PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO	16
F.	RESULTADOS	17
	Práctica No. 1 Circuito con resistencia pura sometida a corriente alterna	18
	Práctica No. 2 Conexión de tres inductores en serie y en paralelo	27
	Práctica No. 3 Circuito RL en serie	34
	Práctica No. 4 Circuito RL en paralelo	41
	Práctica No. 5 Conexión de capacitores en serie y en paralelo	46
	Práctica No. 6 Circuito RC en serie	53
	Práctica No. 7 Circuito RC en paralelo	59
	Práctica No. 8 Circuito RLC en serie	63
	Práctica No. 9 Circuito RLC en paralelo	70
G.	CONCLUSIONES	77
H.	RECOMENDACIONES	78
I.	BIBLIOGRAFÍA	79
J.	ANEXOS	80
	Anexo 1. Fotografías del tablero didáctico	80
	Anexo 2. Dispositivos del tablero didáctico	81
	Anexo 3. Mantenimiento	82
	Anexo 4. Tabla de conductores esmaltados	83
	Anexo 5. Dispositivos del Tablero Didáctico	85
	Anexo 5. Proyecto	86

A. TEMA

**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO
DIDACTICO PARA REALIZAR MEDICIONES EN
CORRIENTE ALTERNA"**

B. INTRODUCCIÓN

Los esfuerzos que están haciendo las universidades hoy en día por mejorar la educación superior es un motivo para estimular nuestro aprendizaje, pero no se puede llevar a cabo una enseñanza si no se cuenta con laboratorios que den respuesta a las inquietudes que tiene los estudiantes dentro del campo científico técnico.

Los laboratorios dentro de toda institución educativa son parte de la infraestructura primordial y desempeñan un papel trascendental en la formación técnica, porque es indudable que facilitan la comprensión de los aspectos teóricos que son complicados, abstractos y difíciles.

En la Universidad y en particular en nuestra Área actualmente se está construyendo una nueva edificación para reformar los laboratorios pero sigue siendo insuficiente, dados los constantes cambios tecnológicos que se da en la industria, las ciencias aplicadas y los elevados costos para adquirirlos.

Por lo expuesto y en perspectiva a la problemática se ha construido un tablero didáctico que vincule la enseñanza de las mediciones en corriente alterna, permita la experimentación y el análisis de conceptos matemáticos que las personas tenemos cuando aprendemos teóricamente y pensamos que los resultados son correctos y creemos que es lo ideal. El tablero didáctico para mediciones en corriente alterna está equipado con instrumentos de medida digitales y componentes como: resistores, capacitores e inductores los mismos que permiten realizar un sinnúmero de circuitos y cuya finalidad es el reforzar los conocimientos teóricos para posteriormente poder aplicarlos en la vida profesional.

Con estos antecedentes indicados se ha cumplido con los siguientes objetivos:

General

- ✓ Diseñar y construir un tablero didáctico para realizar prácticas de mediciones de corrientes alterna.

Específicos:

- ✓ Realizar una guía de prácticas que permita ampliar los conocimientos sobre los fundamentos y aplicación de las mediciones en corriente alterna.
- ✓ Verificar el funcionamiento del tablero didáctico mediante la experimentación la guía de prácticas propuesta.

C. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y UTILIDAD

1. Tablero didáctico

Esta herramienta didáctica está diseñada de manera que permita al estudiante y al profesor trabajar de manera cómoda e interactiva, de tal forma que la enseñanza sea participativa y dinámica, cuya finalidad es comprender y consolidar de excelente modo las explicaciones del maestro para la obtención de aprendizajes significativos.

La construcción e implementación de este medio didáctico en el Taller Eléctrico permitirá lograr una educación de calidad dando respuesta al requerimiento de la juventud a tener una mejor capacitación dentro del campo de las mediciones en corriente alterna.

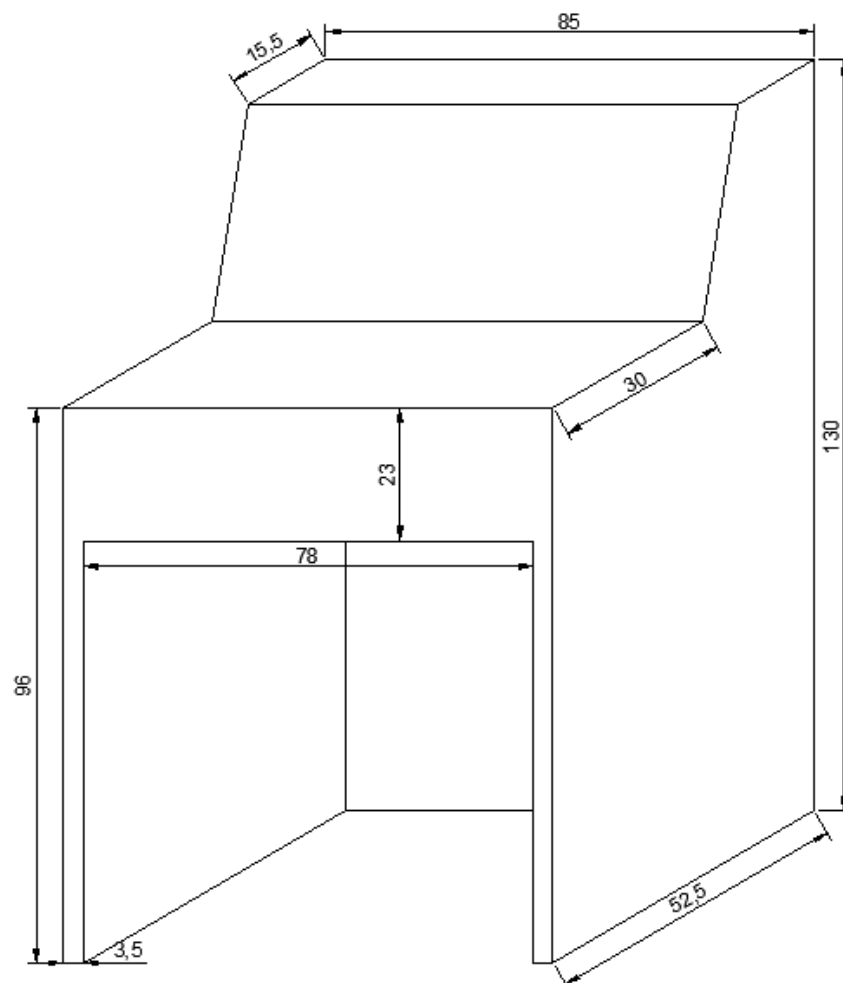


Fig. 1. Medidas del tablero didáctico en cm

El tableo didáctico está construido en madera, pintado de color turquesa y cuenta con dos compartimentos:

El primer compartimento, observando en la parte frontal se encuentra todos los instrumentos de medida (multímetros), elemento de protección (2A), salidas de voltaje en corriente alterna para la conexión de las prácticas y elemento de conexión. Consta de una protección de 2A para cortocircuitos con la finalidad de proteger el equipo por posibles malas conexiones que se den en prácticas.



Fig. 2. Protección térmica.

En el segundo compartimento visto desde la izquierda se encuentra un conjunto de cargas lineales como: resistores, inductores y capacitores que servirán para la experimentación de las prácticas.



Fig. 3. Tablero didáctico.

2. Alimentación de energía

La alimentación de energía se realiza a través de un transformador, el transformador está formado por dos bobinas enrolladas dentro de un núcleo de hierro laminado y es el encargado de cambiar el nivel de voltaje y corriente en relación al diseño de construcción.

Este componente eléctrico suministra energía eléctrica para la realización de las prácticas, se alimenta con 120 V a la red y reduce a voltajes de: 3, 6, 9, 12, 24, 36 V. Ver figura 4.

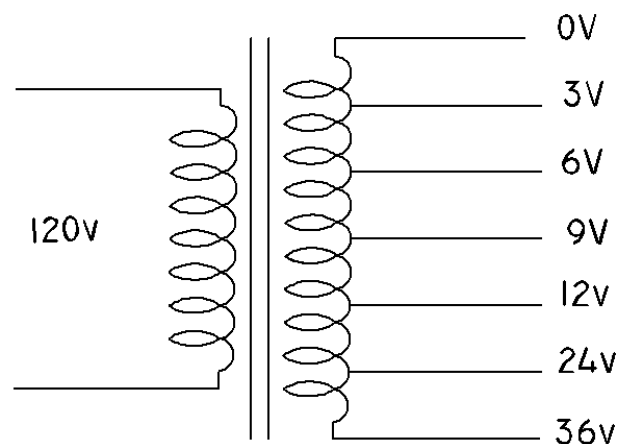


Fig. 4. Esquema eléctrico de transformador.

2.1. Construcción del transformador.

Pensando en la seguridad de quienes maniobren el tablero didáctico y en función al requerimiento de corriente y voltajes para la realización de las diferentes prácticas se procedió a reconstruir los bobinados de un transformador.

2.1.1. Sección de núcleo.

Como se puede observar en la figura 5 el núcleo tiene forma de E, para el cálculo de la sección se debe considerar el área donde van a ir ubicadas las bobinas primaria y secundaria:

$$A = l * l \quad \text{Ecuación 1}$$

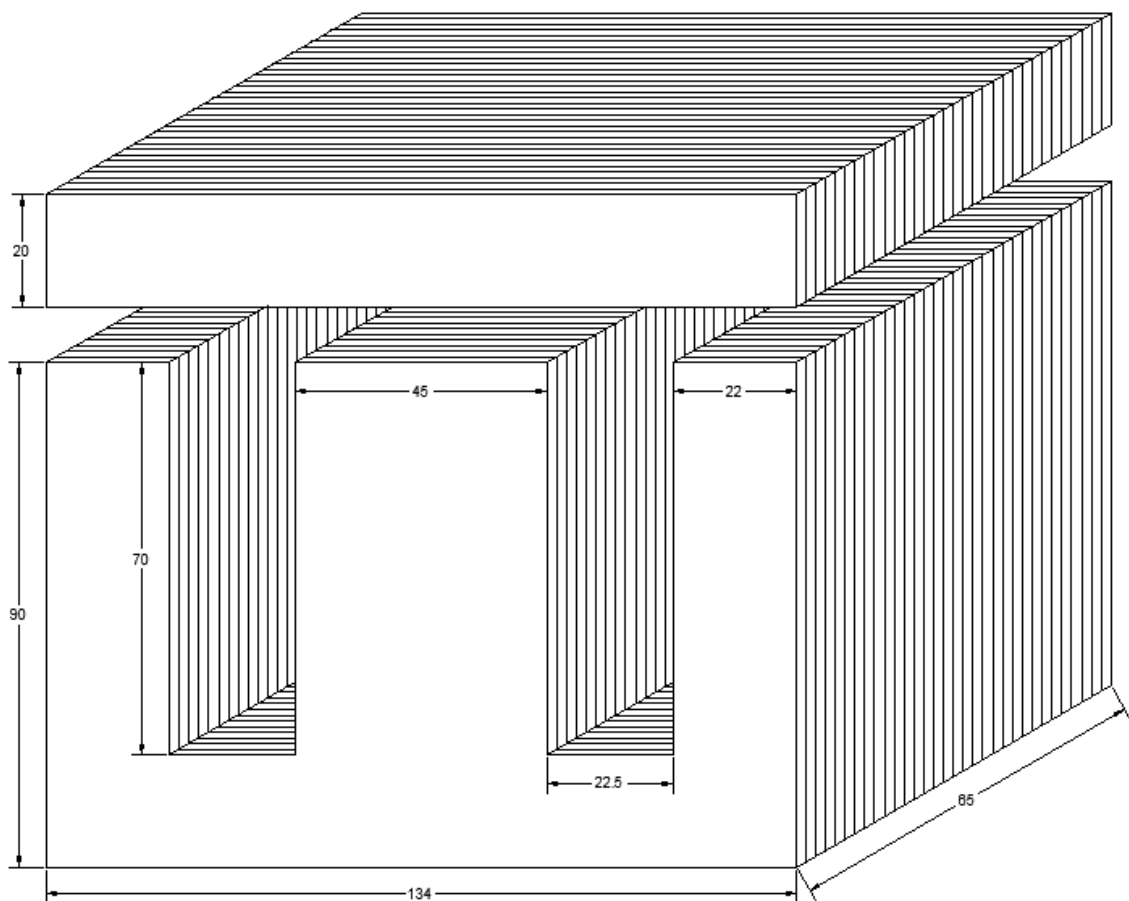


Fig. 5. Medidas del núcleo del transformador en mm

Donde:

$$A = \text{Sección} \quad \text{cm}^2$$

$$l = \text{Lados} \quad \text{cm}$$

$$A = 4.5 \text{ cm} * 6.5 \text{ cm} = 29.25 \text{ cm}^2$$

2.1.2. Potencia del transformador

Con la sección deducida anteriormente se procede a calcular la potencia del transformador utilizando el Abaco I (ver anexo 1) en la coordenada X se encuentra la sección en cm^2 y en la coordenada Y la potencia en VA, para conocer la potencia se hace coincidir el valor de la sección con la línea diagonal que indica la frecuencia y que para nuestro país es de 60 HZ.

$$\text{Potencia} = 900 \text{ VA}$$

2.1.3. Número de espiras por voltio

Para calcular el número de espiras por voltio se utiliza el Abaco II (ver anexo 2), se considera la sección del núcleo ($29,25 \text{ Cm}^2$), se hace coincidir con la inducción magnética que está dada en gauss (10.000) y la frecuencia de 60 Hz, el número de espiras por voltio es de: 1,75

2.1.3.1. Número de espiras en el bobinado primario

Para calcular cuántas espiras tiene el bobinado primario (N_1) se multiplica el número de espiras por voltio por el voltaje de la red que alimenta el transformador. Se debe adicionar un porcentaje por trabajo o por uso: si es para uso permanente 3% y si es para uso intermitente 2,5%.

$$N_1 = \left(1,75 \frac{\text{esp.}}{\text{V}} * 120\text{V}\right) + 3\% = 216,3 \text{ esp.} \quad \text{Ecuación 2}$$

2.1.3.2. Número de espiras en el bobinado secundario

Se calcula al realizar el producto del número de espiras por Voltio (1,75) por el voltaje máximo que se va a obtener en el secundario.

$$N2 = \left(1,75 \frac{esp.}{V} * 36V\right) = 63esp.$$

Ecuación 3

2.1.4. Diámetro del conductor

Para saber el diámetro del conductor, se necesita conocer la corriente que circulará por cada bobinado, por lo que se calcula de la siguiente forma:

$$I = \frac{S}{V}$$

Ecuación 4

$$I = \frac{900}{120} = 7,5 A$$

Los 7,5 A es la corriente que circula por el bobinado primario, por lo que con este dato de corriente se utiliza el Abaco III (ver anexo 3), en la coordenada X se tiene la intensidad en A y en la coordenada Y el diámetro del hilo del conductor y en relación al Abaco se tiene un diámetro de 1 mm

Para el bobinado secundario:

$$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{900}{36} = 25 A$$

Con la corriente calculada y de acuerdo al Abaco III se tiene un diámetro de 2 mm

Con estos diámetros de conductor de los bobinados primario y secundario se escoge el número de conductor de acuerdo a la tabla (ver anexo 4) de los fabricantes de conductores esmaltados, encontrando los siguientes números de cable:

$$N1 = \text{diámetro } 1 \text{ mm} = \text{conductor \# 18}$$

$$N2 = \text{diámetro } 2 \text{ mm} = \text{conductor \# 12}$$

3. Cargas lineales acopladas al tablero didáctico

Una carga lineal es aquella que demanda corriente alterna pero sin modificar la onda senoidal y cuya relación entre la tensión y la Intensidad de corriente son constantes; las cargas resistivas son utilizadas en hornos eléctricos, iluminación incandescente, etc.; las inductivas se usa en motores y transformadores; y, las capacitivas para corrección del factor de potencia.

3.1. Resistores

Son elementos fabricados a base de níquel, donde la corriente eléctrica que ingresa al elemento se transforma en calor.

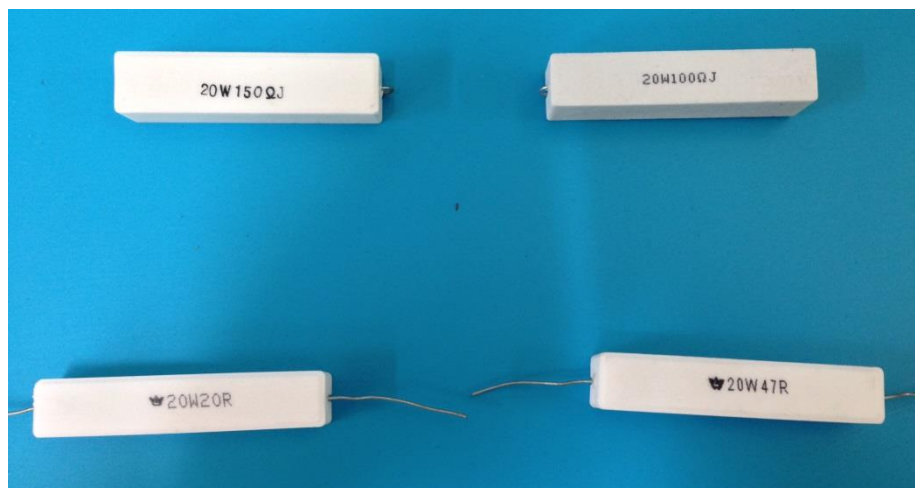


Fig. 6. Resistores de potencia.

3.2. Inductores

El inductor es un componente construido por un arrollamiento muy simple de hilo de cobre al aire libre, el alambre de cobre esmaltado se encuentra enrollado sobre una base de cartón y están fabricadas a mano donde las espiras se encuentran ordenadas una tras otra. La magnitud de medida de una bobina es la inductancia y se expresa en Henrios (H) o en sus submúltiplos mH, μ H y pH y su símbolo es L.

La inductancia trabaja en oposición al paso de la corriente alterna mediante la fem inducida dentro de ella. Para las prácticas se han ubicado seis bobinas de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 1. Valores de inductores.

Magnitudes	Bobina 1	Bobina 2	Bobina 3	Bobina 4	Bobina 5	Bobina 6
Resistencia Ω	3	0,6	31,1	1	3	28
Inductancia μH	9600	1400	121000	2200	9000	103000
Radio medio de la bobina cm r	1,4	1,1	2,3	2,1	1,6	2,3
Longitud de la bobina en cm l	6,2	6,3	6,2	6,2	6,2	6,2
Espesor en cm b	1,8	1	1	1	1	1
Número espiras N	902,59	527,13	1168,74	187,59	640,86	1078,31

La inductancia se ha calculado de la siguiente manera:

$$L = \frac{0,8(Nr)^2}{15,4r+22,8l+25,4b} \quad \text{Ecuación 5}$$

Despejando N

$$N = \sqrt{\frac{L(15,4r+22,8l+25,4b)}{0,8r^2}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- N Número de espiras
- r Radio medio de la bobina en cm
- L Inductancia en μH
- l Longitud de la bobina en cm
- b Espesor en cm

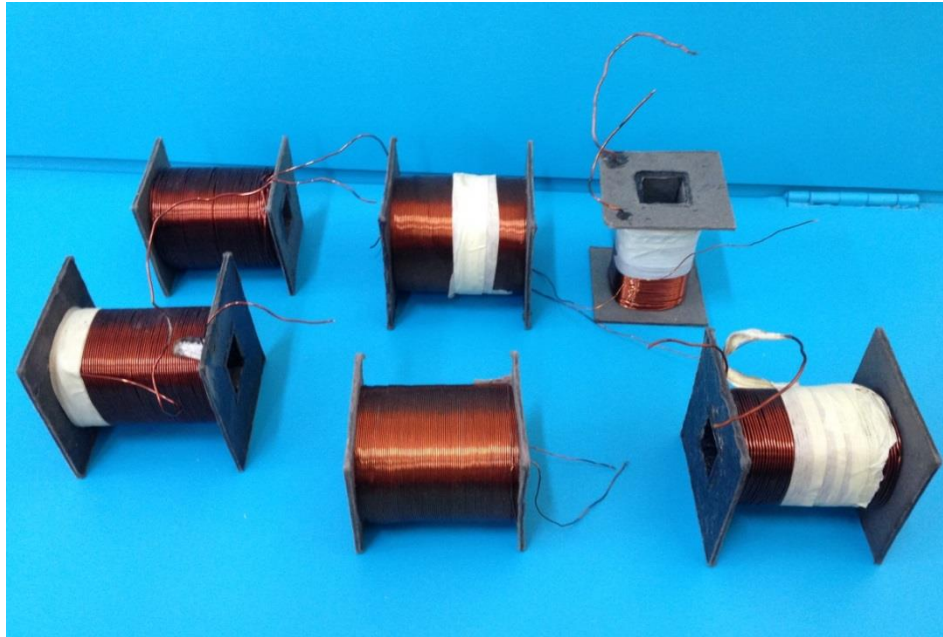


Fig. 7. Inductores o bobinas.

3.3. Capacitores

El capacitor o condensador es un dispositivo que almacena carga eléctrica. El capacitor está formado por dos placas metálicas de igual área próximas una de otra, separadas por un aislante o dieléctrico, de manera que puedan almacenar carga a un mismo valor pero con signos contrarios.



Fig. 8. Capacitores de 20 μF a utilizarse para prácticas de corriente alterna.

Al conectar un capacitor a una fuente de corriente continua existirá corriente eléctrica sólo mientras se cargan las placas, una vez que se han quedado cargadas la corriente eléctrica desaparecerá. Al contrario si se conecta un capacitor a una fuente de corriente alterna su comportamiento es de manera distinta, la corriente eléctrica cambia de sentido de acuerdo con la frecuencia, consecuentemente las placas se cargan positiva y negativamente de manera alternativa y periódica circulando una corriente alterna en consecuencia el condensador se carga y descarga constantemente.

El proceso de carga y descarga de un condensador se realiza en un semiciclo de la tensión eléctrica. Es decir, si el periodo en el país es de 16,67 ms, un condensador necesita la mitad de tiempo para cargarse y descargarse.

En corriente alterna el uso más usual es en circuitos osciladores, conjuntamente con una bobina, forman lo que se llama circuito resonante, usados en transmisores y receptores de radio; también se usan, de mucha mayor capacidad, para el arranque de motores eléctricos o para mejorar el factor potencia en redes eléctricas cuando esta tiene cargas muy inductivas.

4. Instrumentos de medida

Se han instalado en el banco didáctico instrumentos digitales para una mejor apreciación de los valores a medir, el valor a medir en este tipo de instrumentos aparece en la pantalla y se encuentra representado por una cifra numérica.

Los multímetros digitales para realizar una medición utilizan microcontroladores a diferencia de los instrumentos analógicos que utilizan procesos mecánicos para su funcionamiento y que en la actualidad los instrumentos digitales están desplazando cada vez más a los instrumentos analógicos, esto ha sido posible al desarrollo tecnológico de los

microcontroladores, los mismo que permiten diseñar y construir instrumentos con una mejor precisión y un mínimo margen de error.



Fig. 9. Multímetro digital.

Este modelo de multímetros digitales permiten medir tensión y corriente en AC y DC, verificar continuidad de un circuito, medir el valor resistivo de un componente y medir la ganancia de transistores.

Para trabajar con el multímetro es necesario que las puntas de prueba de ubiquen en la forma correcta, la punta color negra en el conector COM y la de color rojo en los conectores VΩ, A, 20 A. La ubicación de la punta color rojo dependerá de la magnitud a medir; si va a medir voltaje debe conectar las puntas en paralelo a la carga o la fuente, si va a medir corriente se debe abrir el circuito para que el instrumento se conecte en serie entre la fuente y la carga y si es resistencia se lo conecta en paralelo pero el circuito debe estar desenergizado.

D. MATERIALES

Para la construcción del tablero didáctico que servirá para realizar mediciones de corriente alterna se han utilizado los siguientes materiales y equipos.

Tabla 2. Materiales y equipos utilizados en la construcción del tablero didáctico.

Cantidad	Equipos/Materiales
1	Mueble construido en madera y pintado color turquesa
3	Multímetros digitales DT5808
1	Voltímetro digital
40 m	Cable AWG # 16
4	Capacitores para corriente alterna de 20 μ F/220V
1	Transformador 120V/3, 6, 9,12, 24, 36V
6	Bobinas o inductores de 9.6; 1.4; 121; 2.2; 9; 103 mH
1	Breaker porta fusible 2A
2,5 m	Cable concéntrico AWG # 14
1	Enchufe 15A
10	Resistores tipo tiza de: 20, 47, 100, 150 Ω a 20 W
30	Jacks color negro y rojo

E. PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO

Mediante la utilización de métodos empíricos como la observación, realización de prácticas y mediciones en el tablero se ha logrado cumplir con la meta de diseñar y construir un tablero didáctico, el mismo que servirá a los docentes y estudiantes para una mejor comprensión de los fenómenos físicos que ocurren en corriente alterna.

Siendo un propósito fundamental del Área como es el mejoramiento del nivel académico, este trabajo práctico está encaminado a coadyuvar al desarrollo de la infraestructura del Taller eléctrico, donde los estudiantes podrán realizar y comprender las diferentes prácticas.

Para la culminación del trabajo práctico se han realizado los siguientes pasos:

Se diseñó el tablero de manera que permita trabajar al estudiante de una manera confortable y segura.

Se procedió a reconstruir un transformador para la realización de prácticas y luego se realizó el montaje en el tablero didáctico.

Se buscaron en el mercado elementos lineales como resistores, capacitores e inductores que permitan apreciar las magnitudes a medir cuando se realicen las prácticas como son voltajes y corrientes.

Para la elaboración de la guía de prácticas se realizó una revisión bibliográfica, la misma que permitió la elaboración y experimentación de prácticas siguiendo una secuencia lógica.

A continuación se organizó la información en una forma concatenada y en coherencia con los fundamentos científicos de los circuitos eléctricos de corriente alterna y que sirvió para culminar con la elaboración del informe técnico.

F. RESULTADOS

Guía de prácticas experimentadas.

- ✓ **Práctica No. 1** Circuito con resistencia pura sometida a corriente alterna
- ✓ **Práctica No. 2** Conexión de tres inductores en serie y en paralelo.
- ✓ **Práctica No. 3** Circuito RL en serie.
- ✓ **Práctica No. 4** Circuito RL en paralelo.
- ✓ **Práctica No. 5** Conexión de capacitores en serie y en paralelo.
- ✓ **Práctica No. 6** Circuito RC en serie.
- ✓ **Práctica No. 7** Circuito RC en paralelo.
- ✓ **Práctica No. 8** Circuito RLC en serie.
- ✓ **Práctica No. 9** Circuito RLC en paralelo.

PRÁCTICA 1

1. Nombre de la Práctica.

Circuito con resistencia pura sometida a corriente alterna

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y posterior comprobación de los valores de corriente, resistencia y voltaje, de manera que se mantenga el valor de la resistencia constante y se modifique el valor de la tensión.
- ✓ Representar la relación entre Intensidad versus la Tensión.

3. Materiales y equipos

Tabla 3. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

Número	Descripción	Modelo o Marca
1	Resistor de calor tipo tiza	20 Ω /20W
2	Multímetros digitales	DT-5808
1	Transformador reductor con voltajes variables	0-36V
5	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquema

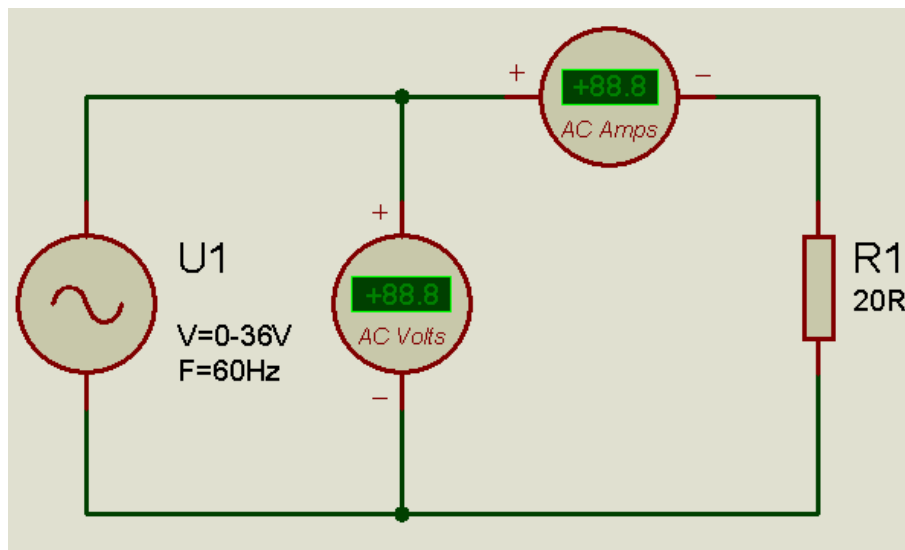


Fig. 10. Esquema del circuito de conexión.

5. Sistema categorial

5.1. Características de la corriente alterna

La principal particularidad de la corriente alterna que presenta durante un intervalo de tiempo es que la honda electromagnética cambia de alternancia positiva a alternancia negativa, mientras que en el intervalo siguiente las polaridades se invierten tantas veces como ciclos por segundo o Hertz posea esa corriente. No obstante, aunque se produzca un constante cambio de polaridad, la corriente siempre fluirá del polo negativo al positivo.

Normalmente la tensión presente en las instalaciones eléctricas no tiene siempre el mismo valor, sino que varía con el tiempo, siendo en la mayoría de los casos alterna senoidal.

"Una corriente alterna senoidal es aquella que cambia de sentido en el tiempo y que toma valores según la función matemática seno, repitiéndose de forma periódica"¹.

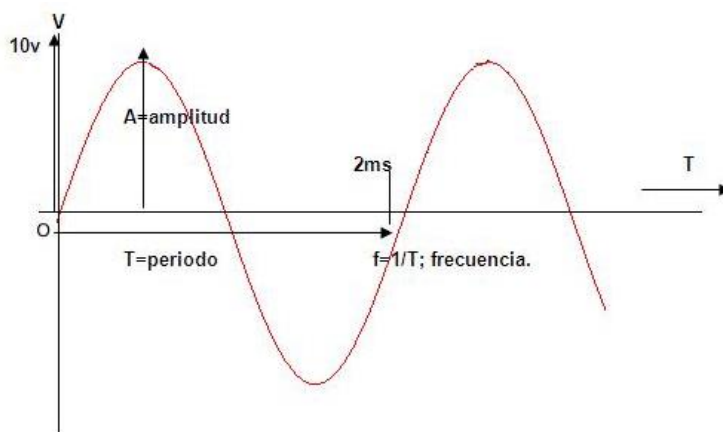


Fig. 11: Corriente alterna de 10 voltios, 2ms

Los generadores de electricidad para uso industrial, comercial y residencial más utilizados son los que producen corriente alterna, debido a que es más

1

http://centros5.pntic.mec.es/ies.de.rivas.vaciamadrid/tecnologia/electrotecnia/www.extremadurasi.org/contenidos_docentes/electro/t5.htm

fácil fácilmente convertida entre diferentes valores de tensión, ya sea aumentándolos o disminuyéndolos, a través de transformadores. Y consecuentemente para transportar grandes distancias evitando pocas pérdidas de corriente.

5.2. Tipos de Medidas en Corriente Alterna

Frecuencia: Es el número de veces que se repite un ciclo en un segundo. Se mide en Hertzios [Hz], en Ecuador es de 60Hz, en otros países es 50 Hz.

Período: Es el tiempo que tarda en producirse un ciclo, el período se calcula como la inversa de la frecuencia, en Ecuador el ciclo de la tensión de red es de $1/60=0,01667$ segundos, es decir, cada 16,67 ms se repite la forma de onda.

Se representa con la letra T y se mide en segundos.

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

T	Período	s
f	Frecuencia	Hz

Valor máximo o amplitud: Es el máximo valor que toma la señal en un período, coincide con el valor en las crestas o picos de la señal senoidal.

Se representa por letras mayúsculas con el subíndice máx. ($V_{\text{Máx.}}$)

Valor instantáneo: Es el que toma la señal en un momento dado. Se representa con letra minúscula (v). Para determinarlo, conocida la función de la señal tratada, basta con sustituir el tiempo por su valor. La ecuación de una función senoidal es:

$$v = V_{M\acute{a}x} \text{sen}(\omega t) \quad \text{Ecuaci3n 8}$$

Donde:

v Voltaje instant3neo V

$V_{M\acute{a}x}$ Voltaje m3ximo V

ω Velocidad angular rad/s

De forma que ω es la **velocidad angular** o **pulsaci3n**, medida en radianes por segundo:

$$\omega = 2\pi f \quad \text{Ecuaci3n 9}$$

Valor eficaz: Representa el valor de una corriente continua que producir3 el mismo calor que la alterna al pasar por una resistencia.

Es el valor m3s importante pues con 3l se obtiene matem3ticamente los mismos resultados que operando con valores instant3neos, realizando operaciones mucho m3s sencillas. Normalmente es el que define la tensi3n existente en una instalaci3n, por ejemplo, los 120V en una vivienda es la tensi3n eficaz de la misma. Se representa con una letra may3scula pero sin sub3ndice, y su valor es igual a:

$$V = \frac{V_{M\acute{a}x}}{\sqrt{2}} \quad \text{Ecuaci3n 10}$$

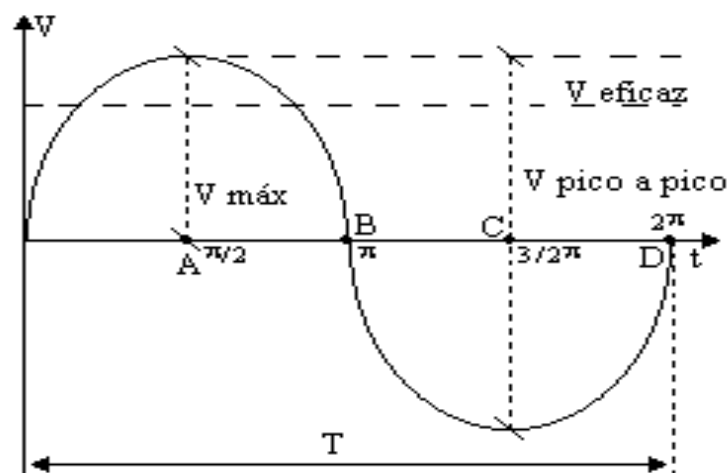


Fig. 12: Tipos de tensiones en corriente alterna.

5.3. Circuito con resistencia pura en corriente alterna

Una resistencia pura, como la de una cafetera, secadora de cabello o una plancha eléctrica, tiene una impedancia (Z) con sólo el primer término y no afecta a su valor la frecuencia del circuito.

$$Z = R$$

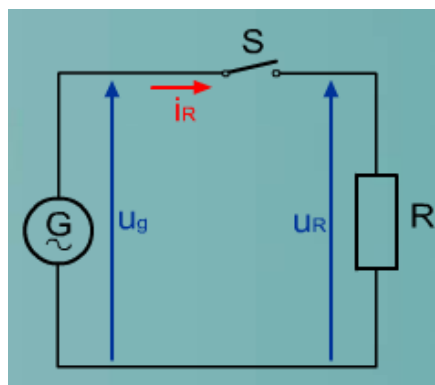


Fig. 13: Circuito con resistencia pura CA

Como su comportamiento es independiente de la frecuencia, una resistencia se comporta igual en continua que en alterna. Para determinar la intensidad que fluye por la misma basta con aplicar la ley de Ohm que en alterna será con los valores eficaces de tensión e intensidad.

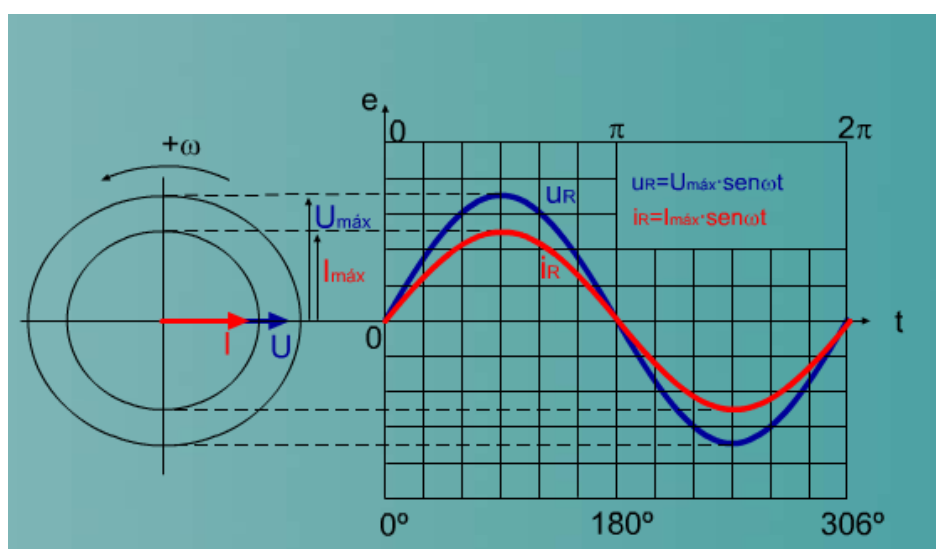


Fig. 14: Corriente y tensión en fase-Resistencia pura.

Se deduce que la onda de corriente alterna que atraviesa una resistencia pura es igual y en fase con la de tensión pero dividida por el valor de la resistencia.²

5.4. Ley De Ohm

La ley de Ohm nos dice "que la resistencia que un material opone al paso de la corriente eléctrica, es directamente proporcional a la tensión aplicada, e inversamente proporcional a la intensidad que lo atraviesa".

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

I	Corriente eléctrica	[A]
V	Tensión aplicada	[V]
R	Resistencia	[Ω]

Esta ley lleva el nombre del físico que más intervino en su formulación: se llama Ley de Ohm.

Despejando la ecuación anterior, se hallan las siguientes ecuaciones:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = IR$$

De esta forma, la Ley de Ohm define la unidad de resistencia eléctrica así como también el voltaje y la corriente, haciendo sencillos despejes de las ecuaciones presentadas, siempre y cuando se tengan dos valores conocidos y una sola incógnita.

2

http://centros5.pntic.mec.es/ies.de.rivas.vaciamadrid/tecnologia/electrotecnia/www.extremadurasi.org/contenidos_docentes/electro/t5.htm#5

6. Procedimiento.

Calcular la corriente conservando el valor del resistor constante $R=30\Omega$ en el cual se varíe el valor de la tensión desde 0V hasta 20V de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 4. Valores medidos y calculados.

Número	Resistencia en Ω	Tensión en V		Corriente en A	
	Medida	Dada	Medida	Calculada	Medida
1	20,4	0	0	0	0
2	20,4	3	3,4	0,17	0,17
3	20,4	6	6,2	0,30	0,28
4	20,4	9	9	0,44	0,42
5	20,4	12	12,5	0,61	0,62
6	20,4	24	25	1,23	1,21

Para calcular utilice la siguiente ecuación:

$$I = \frac{U}{R}$$

Dónde: I = Corriente = A

U = Tensión = V

R = Resistencia = Ω

Arme el circuito de acuerdo al esquema y varíe escalonadamente los voltajes en relación a la tabla anterior, realizada las conexiones en el tablero compruebe con los multímetros las magnitudes de tensión y corriente.

De acuerdo a los datos obtenidos hemos representado la intensidad de la corriente en función de la tensión, verificando que la intensidad de la corriente es directamente proporcional a la tensión.

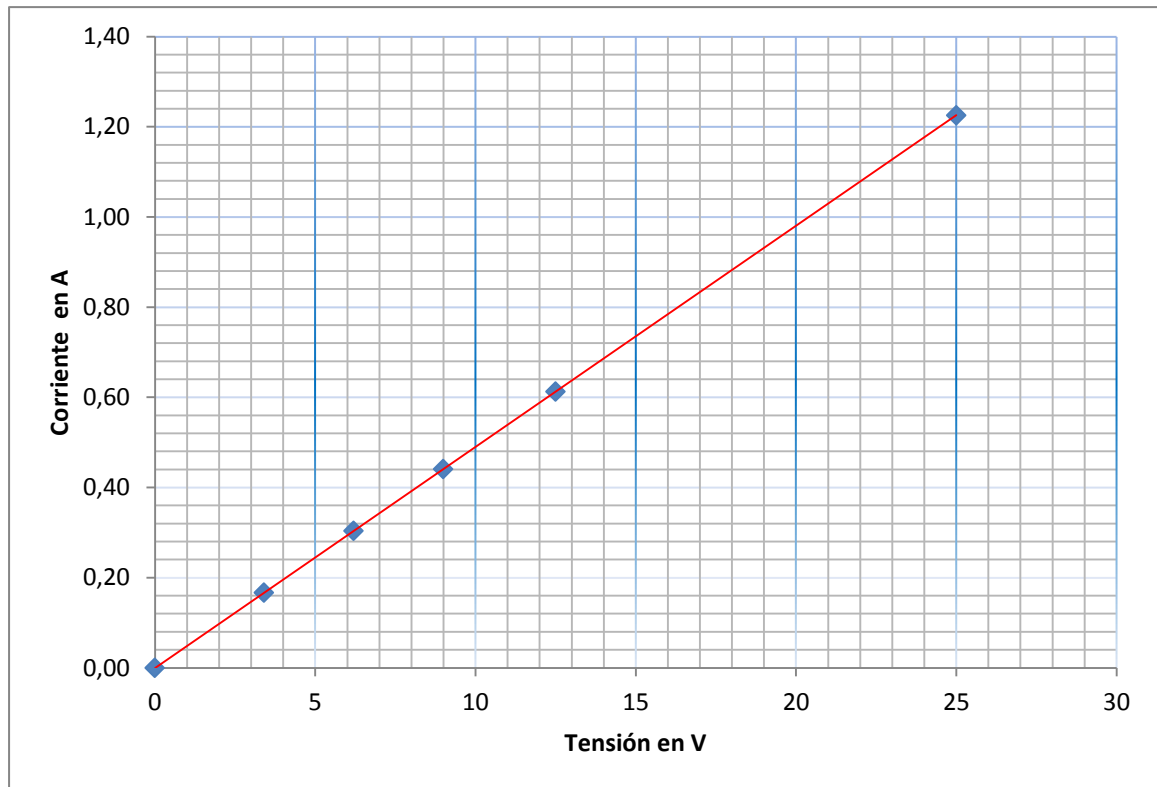


Fig. 15. Representación entre la corriente y la tensión.

7. Preguntas de control.

¿Cuáles son las ventajas que presenta la corriente alterna frente a la corriente continua?

- ✓ Los generadores de CA (alternadores) son más eficaces y sencillos que los de CC (dinamos).
- ✓ El transporte de energía a grandes distancias es mucho más económica y accesible en corriente alterna que en continua.
- ✓ Los receptores de CA son más numerosos y utilizables en casi todas las aplicaciones.
- ✓ La conversión de CA en CC no presenta complicaciones.
- ✓ La señal senoidal frente a otros tipos de onda tiene las siguientes propiedades: la función seno se define perfectamente mediante su expresión matemática, es fácil de operar, se genera en los alternadores

sin grandes dificultades, su elevación y reducción, necesarias para reducir las pérdidas de energía, se realiza con altos rendimientos y bajo costos mediante los transformadores.

¿Cuál es el comportamiento de un resistor sometido a corriente alterna?

Una resistencia independientemente de la frecuencia se comporta igual en corriente continua que en alterna. Para determinar la intensidad que fluye por la misma basta con aplicar la ley de Ohm que en alterna será con los valores eficaces de tensión e intensidad.

¿Según la representación gráfica entre corriente y voltaje que puede apreciar?

Se observa que al aumentar el valor de la tensión en el circuito la intensidad de corriente crece proporcionalmente a la tensión.

¿Cuál es la relación entre voltaje máximo y eficaz?

El voltaje máximo o pico de una senoide es igual a la tensión eficaz por la raíz cuadrada de 2.

$$V_{ef} = V_{max}/\sqrt{2} \quad \text{Ecuación 12}$$

El voltaje RMS o eficaz se aplica para corriente, tensión y potencia en corriente alterna y representa el valor que tendría en corriente continua, produciendo la misma potencia, al aplicarla sobre una misma resistencia. El valor eficaz es el que podemos medir con la ayuda del multímetro.

PRÁCTICA 2

1. Nombre de la Práctica.

Conexión de tres inductores en serie y en paralelo.

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de Inductancia en la conexión serie.
- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de Inductancia en la conexión paralelo.

3. Materiales y equipos

Tabla 5. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

Número	Descripción	Modelo o Marca
3	Inductores	9,6 mH, 121 mH, 103 mH
1	Multímetro digital	DT-5808
1	Medidor digital de LCR	BK Precision 878B
5	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquemas

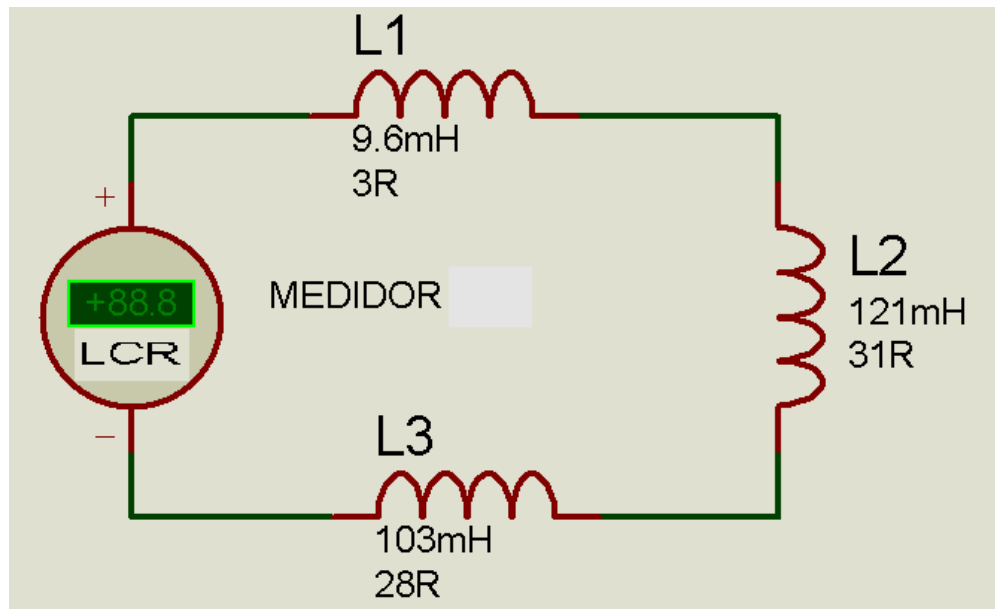


Fig. 16. Conexión serie.

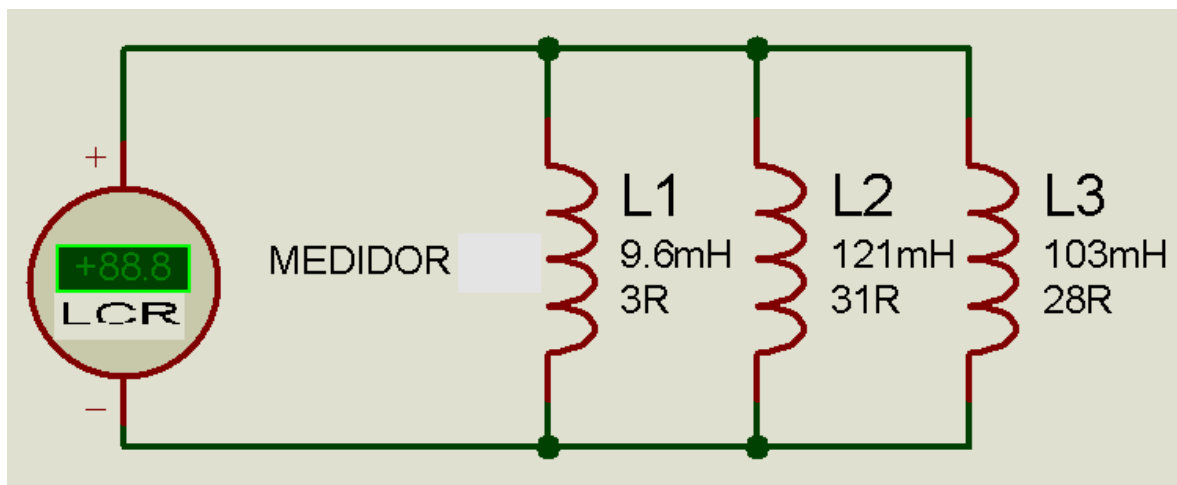


Fig. 17. Conexión paralelo.

5. Sistema categorial

Inductor

Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que debido al fenómeno de la autoinducción almacena energía en forma de campo magnético. Un inductor está constituido típicamente por alambre de hilo de cobre esmaltado. Existen inductores con núcleo de aire o con núcleo de un material ferroso para incrementar su capacidad de magnetismo entre la intensidad (inductancia).

La bobina almacena energía eléctrica en forma de campo magnético cuando aumenta la intensidad de corriente, devolviéndola cuando ésta disminuye. Matemáticamente se puede demostrar que la energía ε , almacenada por una bobina con inductancia L , que es recorrida por una corriente de intensidad I , viene dada por:

$$\varepsilon = \frac{1}{2}LI^2 \quad \text{Ecuación 13}$$

Inductancia

En un Inductor o bobina, se denomina inductancia L , a la relación entre el flujo magnético Φ y la intensidad de corriente eléctrica I .

$$L = \frac{\Phi}{I} \quad \text{Ecuación 14}$$

El flujo que aparece en esta definición es el flujo producido por la corriente exclusivamente. No deben incluirse flujos producidos por otras corrientes ni por imanes situados cerca ni por ondas electromagnéticas. Desgraciadamente, esta definición es de poca utilidad porque es difícil medir el flujo abrazado por un conductor. En cambio se pueden medir las variaciones del flujo y eso sólo a través del voltaje V inducido en el conductor por la variación del flujo. Con ello llegamos a una definición de inductancia equivalente pero hecha a base de cantidades que se pueden medir, esto es, la corriente, el tiempo y la tensión:

$$V_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 15}$$

El signo de la tensión y de la corriente son los siguientes: si la corriente que entra por la extremidad A del conductor y que va hacia la otra extremidad, aumenta, la extremidad A es positiva con respecto a la opuesta. Esta frase también puede escribirse al revés: si la extremidad A es positiva, la corriente que entra por A aumenta con el tiempo.

La inductancia siempre es positiva, salvo en ciertos circuitos electrónicos especialmente concebidos para simular inductancias negativas.

De acuerdo con el Sistema Internacional de Medidas, si el flujo se expresa en weber y la intensidad en amperio, el valor de la inductancia vendrá en henrio (H).³

El valor de la inductancia viene determinado exclusivamente por las características geométricas de la bobina y por la permeabilidad magnética

³ http://clasev.net/v2/pluginfile.php/61540/mod_resource/content/1/elementos-circuito-electrico.pdf

del espacio donde se encuentra. Así, para un solenoide, la inductancia, de acuerdo con las ecuaciones de Maxwell, viene determinada por:

$$L = \frac{\mu N^2 A}{l} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

- μ Permeabilidad absoluta del núcleo
- N Número de espiras
- A Área de la sección transversal del bobinado
- l Longitud de las líneas de flujo

Bobinas o inductores en serie

En muchas ocasiones es necesario agrupar el valor de varias bobinas o inductores que están conectadas en serie o paralelo.

El cálculo del inductor o bobina equivalente (LT) de inductores en serie es similar al método de cálculo del equivalente de resistencias en serie, sólo es necesario sumarlas.

En la figura 18, hay tres inductores o bobinas en serie. La fórmula a utilizar es: (sumatoria de los valores de los inductores)

$$LT = L1 + L2 + L3 \quad \text{Ecuación 17}$$

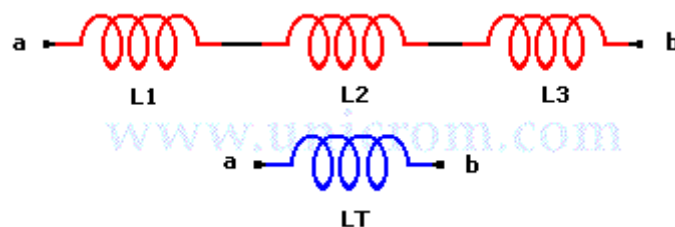


Fig. 18. Conexión serie de bobinas.

Pero si se quisiera poner más de 2 o 3 inductores, se usaría la siguiente fórmula:

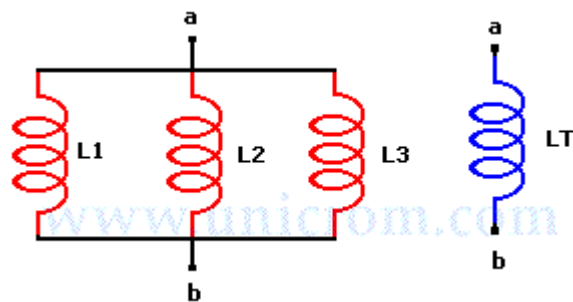
$$LT = L1 + L2 + L3 + \dots LN \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde: N es el número de bobinas colocadas en serie

Bobinas o inductores en paralelo

El cálculo del inductor equivalente de varias bobinas en paralelo es similar al cálculo que se hace cuando se trabaja con resistores en paralelo.

En la figura 19 se presenta tres inductores y se calcula con la siguiente fórmula:



$$\frac{1}{LT} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3} + \dots \quad \text{Ecuación 19}$$

Fig. 19. Conexión paralelo de bobinas.

Pero la fórmula se puede generalizar para cualquier número de inductores, con la siguiente fórmula.

$$\frac{1}{LT} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3} + \dots \frac{1}{LN} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde: N es el número de inductores que se conectan en paralelo.

6. Procedimiento.

Mida la inductancia de cada inductor con la ayuda del medidor RCL (Puente de wheatstone) y calcule la inductancia total. Verifique las magnitudes de los inductores implementando el circuito serie y llene la tabla 6.

Para calcular utilice la siguiente ecuación:

Circuito serie $L = L1 + L2 + L3$

Donde:

L = Inductancia mH

Tabla 6. Valores medidos y calculados. Circuito serie.

Circuito serie de inductores							
Inductor 1 en mH		Inductor 2 en mH		Inductor 3 en mH		Inductancia Total en mH	
Dada	Medida	Dada	Medida	Dada	Medida	Calculada	Medida
9,6	9,6	121	121,9	103	103,1	234,6	230

Calcule la inductancia total y verifique las magnitudes de los inductores implementando el circuito paralelo y llene la tabla 7.

Tabla 7. Valores medidos y calculados. Circuito paralelo.

Circuito paralelo de inductores							
Inductor 1 en mH		Inductor 2 en mH		Inductor 3 en mH		Inductancia Total en mH	
Dada	Medida	Dada	Medida	Dada	Medida	Calculada	Medida
9,6	9,6	121	121,9	103	103,1	8,19	8

Para calcular utilice la siguiente ecuación:

Circuito Paralelo $L = \frac{1}{\frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3}}$

Donde:

L = Inductancia mH

7. Preguntas de control.

¿Con que instrumento se mide la inductancia?

Para comprobar la inductancia total o inductancias individuales se conecta un medidor RCL (puente de wheatstone) en paralelo, pero el circuito o la bobina debe estar desenergizado.

¿Los inductores a igual que los resistores pueden conectarse en serie?

Las mediciones realizadas muestran que los inductores conectados en serie, actúan como un solo inductor equivalente cuya inductancia total L_T es igual a la suma de las inductancias individuales y es semejante a la sumatoria de resistores en serie.

¿Las bobinas a igual que los resistores pueden conectarse en paralelo?

Dos o más bobinas pueden conectarse en paralelo a igual que los resistores, actúan como una sola bobina equivalente, pero la inductancia total es menor que la menor inductancia componente del circuito.

PRÁCTICA 3

1. Nombre de la Práctica.

Conexión RL en serie.

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de Inductancia, reactancia inductiva, voltajes y corrientes en una conexión RL en serie.
- ✓ Calcular el ángulo de defasaje entre la corriente I y la tensión V .

3. Materiales y equipos

Tabla 8. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

Número	Descripción	Modelo o Marca
1	Inductores	2,2 mH-1 Ω
3	Multímetro digital	DT-5808
1	Resistor	20 Ω /20W
1	Medidor digital de LCR	BK Precision 878B
8	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquemas

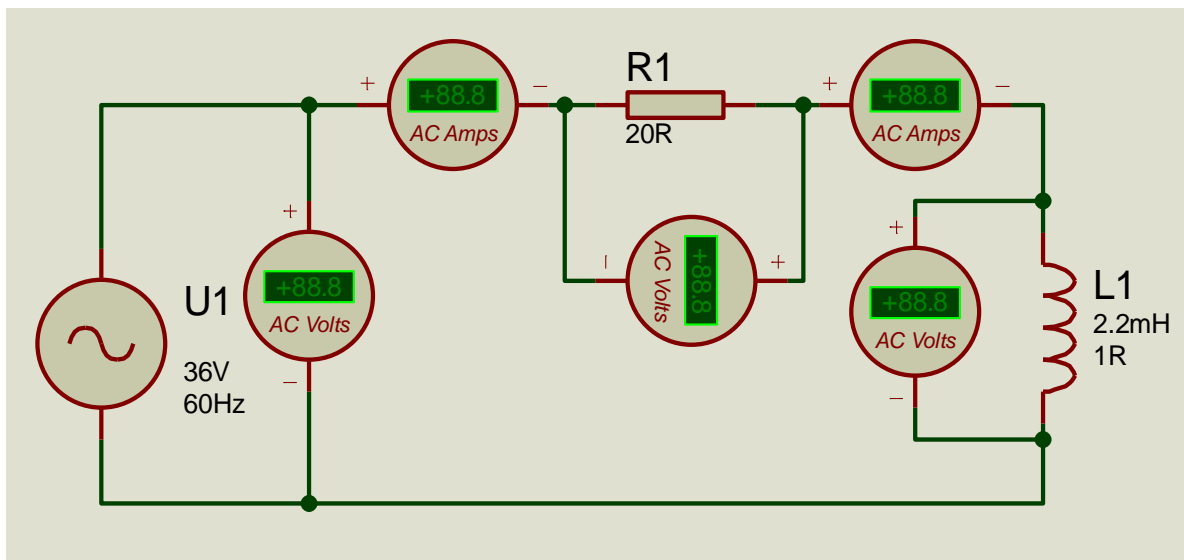


Fig. 20. Conexión serie.

5. Sistema categorial

Circuito RL en serie

Si a un generador de corriente alterna le conectamos una bobina en serie no podremos estudiarla a esta de forma coherente como una inductancia pura. La ilustración nos permite ver cómo podría ser el esquema de distribución de las señales V e I en el caso de que la bobina dibujada se comportara como una inductancia pura. Esto no es tan estricto en la práctica pero nos sirve para afirmar que en todo circuito de carácter inductivo la corriente está retrasada con respecto a la tensión.

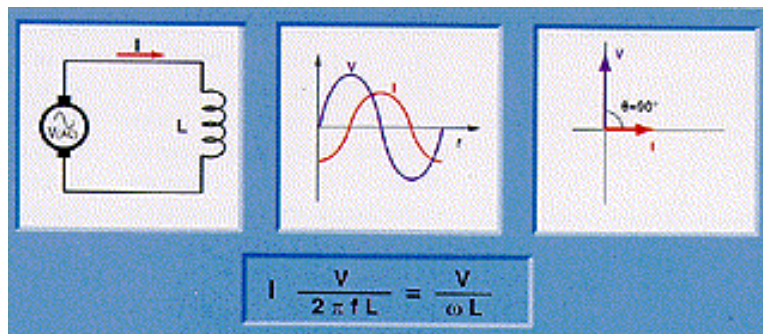


Fig. 21. Conexión de bobina: esquema, diagrama de tiempo y fasores.

En la inductancia pura, se origina un desfase de 90 grados entre la tensión (V) y la intensidad (I). Esta última puede calcularse con la Fórmula de Ohm pero sustituyendo la R por la X_L , es decir, la resistencia por la reactancia inductiva anteriormente comentada. El valor de la reactancia inductiva depende tanto de la frecuencia que ataca a la bobina como de la inductancia de la misma. La fórmula será:

$$I = \frac{V}{2\pi fL} = \frac{V}{\omega L} = \frac{V}{X_L} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

I	Intensidad	A
V	Tensión	V

f	Frecuencia	Hz
L	Inductancia	H
ω	Pulsación	rad/s
XL	Reactancia Inductiva	Ω

Como vemos, se suele simplificar el producto $2\pi f$ por ω . A la expresión ω se le suele denominar pulsación. Como podemos ver en la fórmula, la reactancia inductiva aumenta con la frecuencia.

Si ahora consideramos un circuito de alterna en el que tengamos colocados en serie una resistencia y una bobina, y aplicamos la base de la Ley de Ohm, podemos deducir que la intensidad que atraviesa ambos componentes será de igual magnitud, tal y como ocurría con los circuitos serie de resistores en corriente continua, pero a la hora de trabajar con alterna el cálculo de las caídas de tensión en cada componente, deberá hacerse atendiendo al carácter del mismo (tipo resistivo, capacitivo, inductivo).

En el circuito de la figura 22 se puede ver la resistencia y la bobina que son alimentadas por la fuente de corriente alterna. También podemos apreciar el desfase existente en caídas de tensión entre uno y otro componente. Debido a que las tensiones en bornes de cada componente se pueden calcular, por la Ley de Ohm, aplicando que $V = I \cdot R$, y a que las intensidades que circulan por bobina y resistencia están desfasadas entre sí 90 grados, la única forma de calcular la tensión total que alimenta el circuito en serie es aplicando la representación vectorial que vemos en la figura 22 y calculando con la fórmula pitagórica también indicada el valor de VAC.

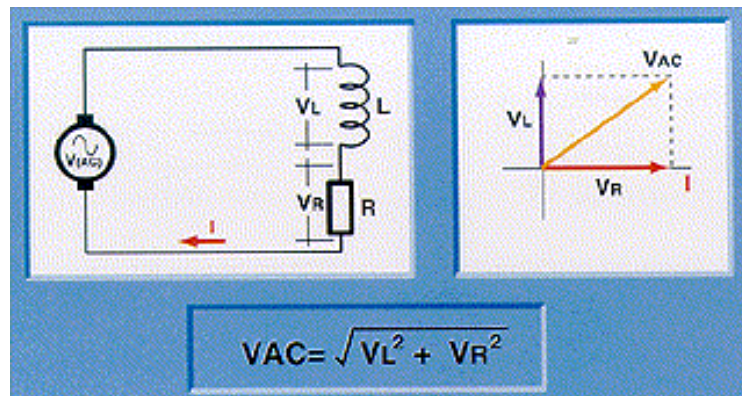


Fig. 22. Conexión serie RL y fasores de tensión.

Debido a que toda bobina real no puede considerarse pura, se hace necesario definir un nuevo parámetro que contenga la resistencia debida al componente resistivo, valga la redundancia, de la bobina y el componente de resistencia debido a la característica inductiva de la misma. Este nuevo parámetro es la impedancia. La forma de representar en los circuitos electrónicos la magnitud descrita es con la letra Z. Su unidad de medida es también el ohmio, al igual que ocurre con otras magnitudes sometidas a la corriente alterna, su cálculo requiere que apliquemos de nuevo la representación vectorial.

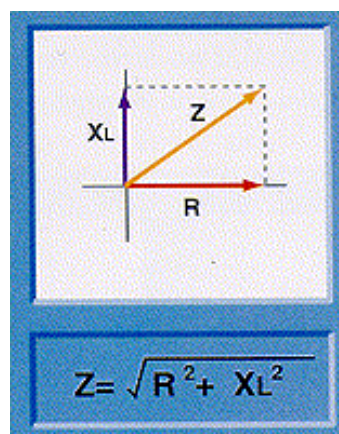


Fig. 23. Representación vectorial de la impedancia.

En la figura 23 vemos la representación vectorial de la impedancia (Z) que, como podemos comprobar, se obtiene de la suma vectorial de R y X_L .

También podemos comprobar la fórmula a aplicar para su cálculo, la cual es mera aplicación de la trigonometría más clásica⁴.

6. Procedimiento.

Mida el valor de la resistencia, inductancia y la tensión dada (36V) y calcule la reactancia inductiva, la impedancia, la corriente total, la tensión en el resistor, la tensión en la reactancia, la tensión total, la corriente en el resistor, la corriente en la reactancia y el ángulo de defasaje.

Arme el circuito del esquema (fig. 20) y verifique las magnitudes calculadas y llene la tabla 9.

Para calcular utilice las siguientes ecuaciones:

$$X_L = 2\pi fL \quad \text{Ecuación 22}$$

$$Z = \sqrt{(R + R_b)^2 + (X_L)^2} \quad \text{Ecuación 23}$$

$$I = \frac{V}{Z} \quad V_R = IR \quad V_{XL} = IX_L \quad \text{Ecuación 24}$$

$$V = \sqrt{(V_R)^2 + (V_{XL})^2} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_{XL} = \frac{V}{X_L} \quad \text{Ecuación 26}$$

$$\varphi = \arctg \frac{V_{XL}}{V_R} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

Z	Impedancia	Ω	f	Frecuencia	Hz
L	Inductancia	H	R	Resistencia	Ω
R _b	Resistencia bobina	Ω	I	Corriente	A
V _R	Tensión resistor	V	V _{XL}	Tensión reactancia	V
X _L	Reactancia Inductiva	Ω	φ	Angulo desfasaje	°

⁴ <http://www.geocities.ws/pnavar2/alterna/rl.html>

Tabla 9. Valores calculados y medidos del circuito RL.

Circuito RL en serie			
Magnitudes			Valores
Resistor	Resistencia en Ω	Dada	20
		Medida	20,4
Inductor o Bobina	Resistencia en Ω	Dada	3
		Medida	0,8
	Inductancia en mH	Dada	2,2
		Medida	2,2
Reactancia en Ω	Calculada		829,3805
Impedancia en Ω	Calculada		829,65
Tensiones calculadas en V	Tensión Resistor		1,0278
	Tensión Reactancia		41,7864
	Tensión Total		41,7990
Tensiones medidas en V	Tensión Resistor		1
	Tensión Reactancia		40
	Tensión Dada		36
	Tensión Total		41,8
Corrientes calculadas en mA	Corriente Resistor		0,0504
	Corriente Reactancia		0,0504
	Corriente Total		0,0504
Corrientes medidas en mA	Corriente Resistor		48
	Corriente Reactancia		48
	Corriente Total		48
Angulo de desfasaje	Calculado		88,59°

7. Preguntas de control.

¿Cuál es el comportamiento de la corriente en el acoplamiento RL en serie?

La intensidad I se atrasa en $88,59^\circ$ respecto a la tensión V .

¿Cuál es nombre de la magnitud que se opone totalmente al paso de la corriente alterna?

En un circuito de corriente alterna la oposición total a la corriente alterna se llama impedancia del circuito, el símbolo de la impedancia es Z y la unidad de medida es el Ohm Ω .

¿Por qué no se puede hacer una suma aritmética del voltaje V_R y V_L para obtener el voltaje aplicado al circuito?

Porque V_R y V_L están desfasados 90° , donde V_R y V_L son los catetos de un triángulo rectángulo y V es la suma fasorial y para resolver hay que aplicar el teorema de Pitágoras.

PRÁCTICA 4

1. Nombre de la Práctica.

Conexión RL en Paralelo.

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de Inductancia, reactancia inductiva, tensiones y corrientes en una conexión RL en paralelo.
- ✓ Calcular el ángulo de defasaje entre la corriente I y la tensión V .

3. Materiales y equipos

Tabla 10. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

Número	Descripción	Modelo o Marca
1	Inductor	2,2 mH-1 Ω
1	Resistor	150 Ω /20W
3	Multímetro digital	DT-5808
1	Medidor digital de LCR	BK Precision 878B
10	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquemas

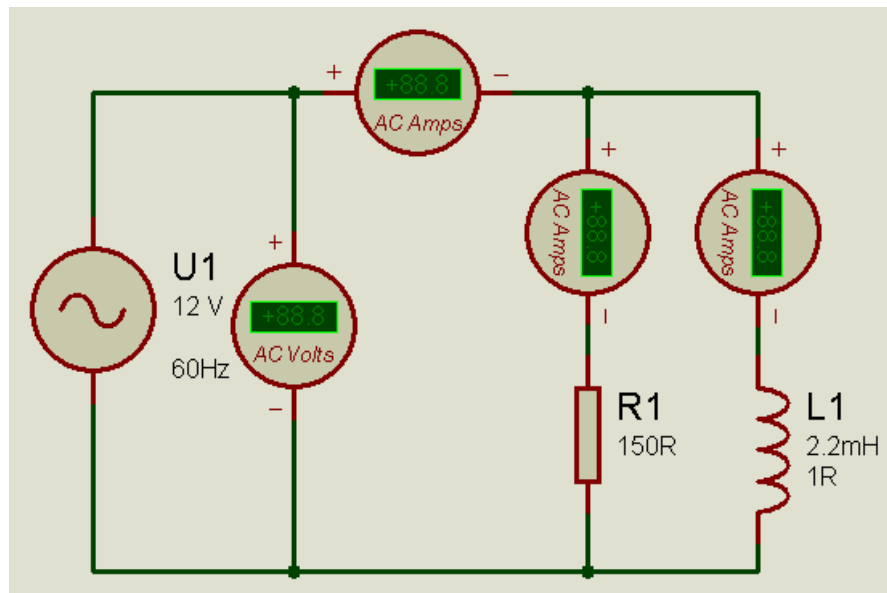


Fig. 24. Conexión serie.

5. Sistema categorial

Circuito RL en Paralelo

Otra posibilidad que nos encontramos en las diferentes combinaciones de resistencia y bobina es la de que ambas estén conectadas en paralelo a una fuente de tensión alterna. Esto es lo que quiere representar la figura 25. En ella podemos observar que la intensidad que llega al nodo de donde parten ambas ramas se bifurca en dos intensidades distintas, al igual que nos ocurría con circuitos de resistores en paralelo sometidos a corriente continua, pero esta vez la intensidad total que circula por ambas ramas no es tan sencilla de calcular. Para ello tendremos que recurrir, de nuevo, a la representación vectorial y a la suma trigonométrica. Como podemos ver, la intensidad que circula por la rama resistiva pura (I_R) está en fase con la tensión, pero la intensidad que recorre la bobina (I_L) está, como ya hemos indicado, atrasada con respecto a la tensión (en el supuesto partimos de la idea de que la bobina es una inductancia pura, esto es, sin resistencia, por lo que el comentado desfase o retraso será de 90 grados).⁵

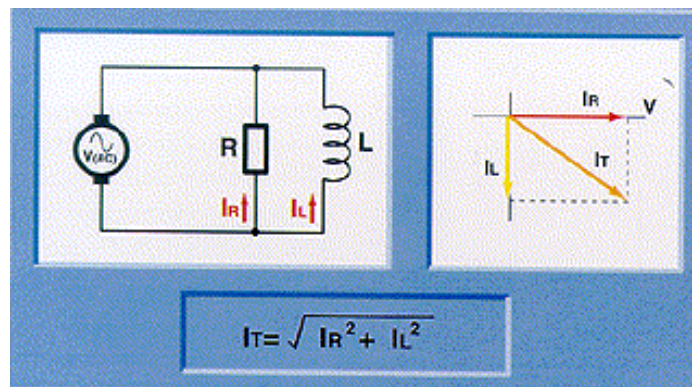


Fig. 25. Conexión RL en paralelo.

⁵ <http://www.geocities.ws/pnavar2/alterna/rl.html>

6. Procedimiento.

Mida el valor de la resistencia, inductancia y la tensión dada (12V) y calcule la reactancia inductiva (susceptancia), la impedancia (admitancia), la corriente total, la corriente en el resistor, la corriente en la reactancia el voltaje en el resistor, el voltaje en la reactancia, el voltaje total y el ángulo de defasaje.

Arme el circuito del esquema (fig. 24) y verifique las magnitudes calculadas y llene la tabla 11.

Para calcular utilice las siguientes ecuaciones:

$$X_L = 2\pi fL \quad \text{Ecuación 28}$$

$$\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2 \quad \text{Ecuación 29}$$

$$Y^2 = G^2 + B_L^2 \quad \text{Ecuación 30}$$

$$I = \frac{V}{Z} \quad I_R = \frac{V}{R} \quad I_{XL} = \frac{V}{X_L} \quad \text{Ecuación 31}$$

$$I = \sqrt{(I_R)^2 + (I_{XL})^2} \quad \text{Ecuación 32}$$

$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_{XL} = \frac{V}{X_L} \quad \text{Ecuación 33}$$

$$\varphi = \arctg \frac{I_{XL}}{I_R} \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde:

X_L	Reactancia inductiva	Ω	f	Frecuencia	Hz
L	Inductancia	H	Z	Impedancia	Ω
R	Resistencia	Ω	Y	Admitancia	$1/\Omega$
G	Conductancia	$1/\Omega$	B_L	Susceptancia	$1/\Omega$
I	Corriente Total	A	I_R	Corriente resistor	A
I	Corriente Bobina	A	V_R	Tensión resistor	V
V_{XL}	Tensión reactancia	V	V	Tensión total	V
φ	Angulo desfasaje	$^\circ$			

Tabla 11. Valores calculados y medidos del circuito RL.

Circuito RL en paralelo			
Magnitudes			Valores
Resistor	Resistencia en Ω	Dada	150
		Medida	147,1
Inductor o Bobina	Resistencia en Ω	Dada	1
		Medida	0,8
	Inductancia en mH	Dada	2,2
		Medida	2,2
Reactancia en Ω	Calculada		829,380
Impedancia en Ω	Calculada		144,84
Corrientes calculadas en mA	Corriente Resistor		169,952
	Corriente Reactancia		30,14298
	Corriente Total		172,605
Corrientes medidas en mA	Corriente Resistor		165
	Corriente Reactancia		29
	Corriente Total		170
Tensiones calculadas en V	Tensión Resistor		25
	Tensión Reactancia		25
	Tensión Total		25
Tensiones medidas en V	Tensión Resistor		25
	Tensión Reactancia		25
	Tensión Total		25
Angulo de defasaje	Calculado		10,057

7. Preguntas de control.

¿Cuál es el comportamiento de la corriente en el acoplamiento RL en paralelo?

La corriente en L se retrasa $10,057^\circ$ con respecto a la corriente en R y el valor de I_T se calcula con la fórmula:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_{XL}^2} \quad \text{Ecuación 35}$$

¿Por qué no se puede hacer una suma aritmética de la corriente I_R e I_{XL} para obtener la corriente total que circula por el circuito?

Según la ley de Kirchhoff, la corriente total I_T que circula a la entrada del circuito es la suma de I_R más I_L , Pero I_R e I_L no están en fase; I_R está en fase con el voltaje e I_L está desfasada y retrasada 90° respecto al voltaje, por lo tanto, las corrientes deben sumarse en forma fasorial.

PRÁCTICA 5

1. Nombre de la Práctica.

Conexión de tres capacitores en serie y en paralelo.

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de capacitancia en la conexión serie.
- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de capacitancia en la conexión paralelo.

3. Materiales y equipos

Tabla 12. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

Número	Descripción	Modelo o Marca
3	Capacitores	20 μ F/220V
1	Multímetro digital	DT-5808
1	Medidor digital de LCR	BK Precision 878B
5	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquemas

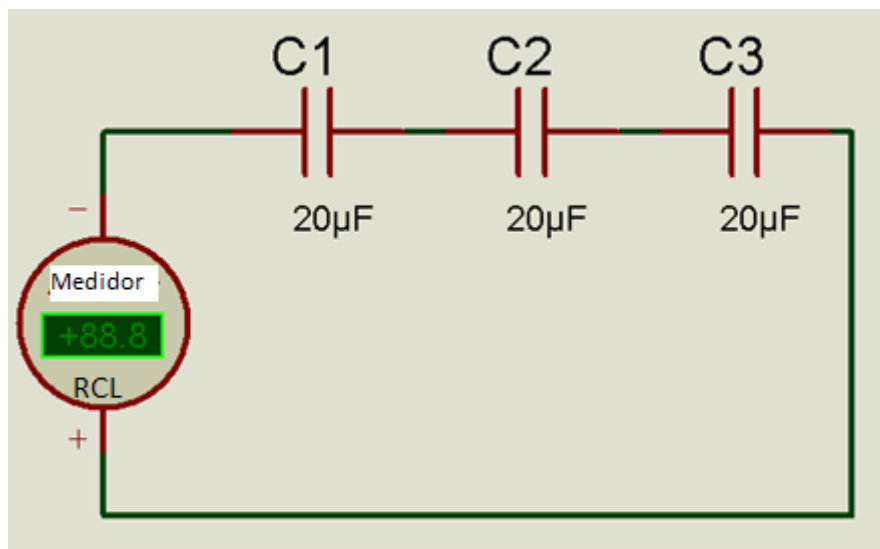


Fig. 26. Conexión serie de capacitores.

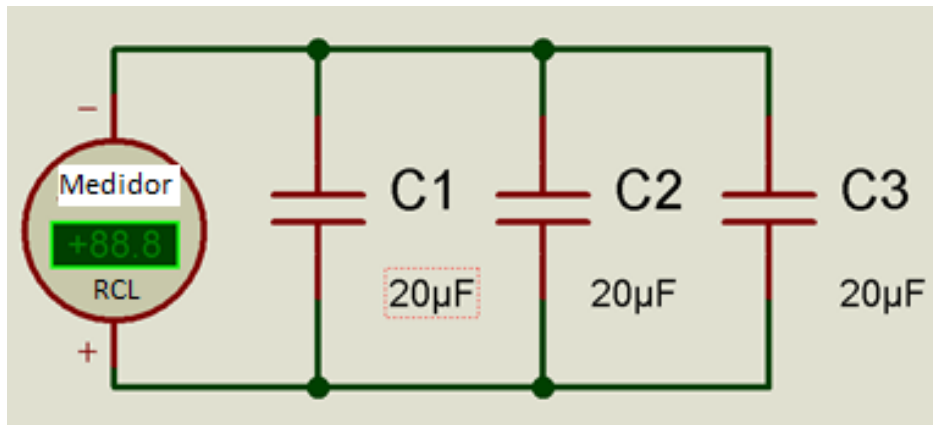


Fig. 27. Conexión paralelo de capacitores.

5. Sistema categorial

Capacitor

Es un dispositivo eléctrico que consiste de dos conductores separados por un aislador o dieléctrico que permite almacenar carga eléctrica. Su unidad dimensional es Faradio (F).

Se denomina faradio o farad (F), en honor a Michael Faraday, a la unidad de capacidad eléctrica del Sistema Internacional de Unidades. Un faradio es la capacidad de un condensador entre cuyas armaduras existe una diferencia de potencial eléctrico de 1 voltio (1 V) cuando está cargado de una cantidad de electricidad igual a un coulomb (1 C).

Los capacitores pueden asociarse básicamente de dos maneras: serie y paralelo. Pero ambas formas recién adquieren sentido cuando el grupo de capacitores asociados está conectado a una pila, o a una batería, o a cualquier otra fuente capaz de suministrarle cargas. Para un único capacitor, el circuito más sencillo posible en el cual adquiere cargas es el siguiente:

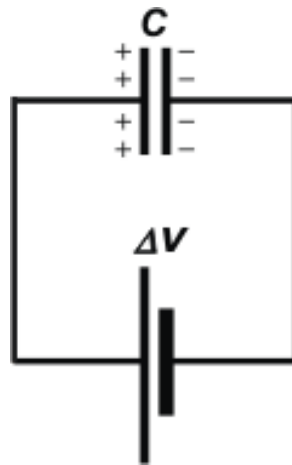


Fig. 28. Conexión de un capacitor.

El símbolo del capacitor es el superior: dos rayas de igual longitud y paralelas enfrentadas. El símbolo inferior, dos rayas desiguales en largo y en grosor: es el de la pila o batería; la raya más larga representa el borne o polo positivo, y la raya más corta el negativo. Todo el resto son cables de conexión.

Una vez conectados de esta manera, de los bornes de la pila salen cargas que van a poblar las placas del capacitor hasta que el mismo alcanza una diferencia de potencial igual a la de la pila. El proceso puede tardar más o menos en general hasta unos segundos. Cuando finaliza, la carga acumulada Q , la capacidad del capacitor C y la diferencia de potencial ΔV , guardan esta relación:

$$Q = C * \Delta V \quad \text{Ecuación 36}$$

De este modo quedó definida una de las placas del capacitor como positiva y la otra como negativa.

Los capacitores siempre "copian" la diferencia de potencial de la fuente que los alimenta; por lo tanto: siempre que un capacitor esté conectado

directamente a una fuente posee la misma diferencia de potencial igual a la fuente.

Conexión en paralelo

Dos o más capacitores están conectados en paralelo cuando sus placas de igual polaridad están conectadas entre sí.

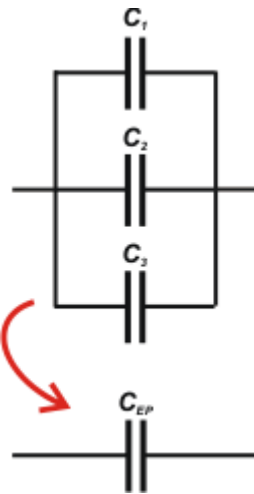


Fig. 29. Conexión paralelo de capacitores

El grupo puede reemplazarse por un único capacitor, capaz de acumular la misma carga que el conjunto y que por ello recibe el nombre de capacitor equivalente del paralelo CEP.

Si se conoce el valor de las capacidades de los capacitores que integran el grupo en paralelo, puede conocerse el valor del capacitor equivalente sumando simplemente:

$$CEP = C1 + C2 + C3 + \dots Cn \quad \text{Ecuación 37}$$

Cuando un conjunto en paralelo se conecta a una fuente de cargas todos los capacitores del grupo adquieren la misma diferencia de potencial:

$$\Delta V1 = \Delta V2 = \Delta V3 = \dots \Delta Vn \quad \text{Ecuación 38}$$

La suma de las cargas de cada uno es igual a la carga del capacitor equivalente:

$$Q_{EP} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots Q_n \quad \text{Ecuación 39}$$

Además, para cada uno de ellos se cumple independientemente:

$$Q_n = C_n * \Delta V \quad \text{Ecuación 40}$$

Conexión en serie

Dos o más capacitores están conectados en serie cuando están conectadas entre sí sus placas de polaridad opuesta.

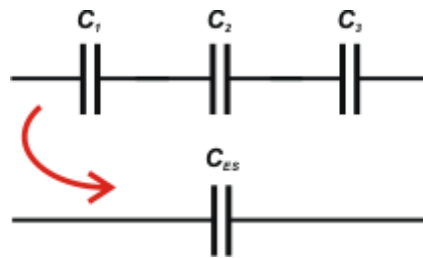


Fig. 30. Conexión serie de capacitores

El grupo puede reemplazarse por un único capacitor, capaz de acumular la misma carga que el conjunto y que por ello recibe el nombre de capacitor equivalente de la serie CES.

Si se conoce el valor de las capacidades de los capacitores que integran el grupo en serie, puede conocerse el valor inverso del capacitor equivalente sumando las inversas:

$$\frac{1}{C_{ES}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} + \dots \frac{1}{c_{1n}} \quad \text{Ecuación 41}$$

Cuando un conjunto en serie se conecta a una fuente de cargas todos los capacitores del grupo adquieren la misma carga.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots Q_n \quad \text{Ecuación 42}$$

La suma de las diferencias de potencial de cada una es igual a la diferencia de potencial del capacitor equivalente:

$$\Delta V_{ES} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \dots \Delta V_n \quad \text{Ecuación 43}$$

Además, para cada uno de ellos se cumple independientemente:

$$Q = C_n * \Delta V_n \quad \text{Ecuación 44}$$

6. Procedimiento.

Mida la capacitancia de cada capacitor con la ayuda del medidor RCL (Puente de wheatstone), calcule la capacitancia total e implemente el circuito serie para verificar. Llene la tabla 13.

Para calcular utilice la siguiente ecuación:

Circuito serie

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \quad \text{Ecuación 45}$$

Dónde:

C = Capacitancia μF

Tabla 13. Valores medidos y calculados. Circuito serie.

Circuito serie de capacitores							
Capacitor 1 en μf		Capacitor 2 en μf		Capacitor 3 en μf		Capacitancia Total en μf	
Dada	Medida	Dada	Medida	Dada	Medida	Calculada	Medida
20	20,7	20	20,4	20	19	6,67	6,6

Calcule la capacitancia total y verifique las magnitudes de los capacitores implementando el circuito paralelo y llene la tabla 14.

Tabla 14. Valores medidos y calculados. Circuito paralelo.

Circuito paralelo de capacitores							
Capacitor 1 en μf		Capacitor 2 en μf		Capacitor 3 en μf		Capacitancia Total en μf	
Dada	Medida	Dada	Medida	Dada	Medida	Calculada	Medida
20	20,7	20	20,4	20	19	60,1	60

Para calcular utilice la siguiente ecuación:

Circuito Paralelo $C = C1 + C2 + C3$

Donde:

C = Capacitancia μF

7. Preguntas de control.

¿Cuál es la diferencia entre una conexión de capacitores en serie y en paralelo?

El capacitor equivalente de una conexión en paralelo siempre tiene más capacidad que el mayor de los capacitores del grupo. Tiene su lógica: conectar en paralelo es algo así como agrandar el área de las placas, porque la capacidad es directamente proporcional al área.

El capacitor equivalente de una conexión en serie siempre tiene menor capacidad que el más chico de los capacitores del grupo. Y tiene su lógica: conectar en serie es algo así como aumentar la distancia entre las placas, porque la capacidad es inversamente proporcional a la distancia.

PRÁCTICA 6

1. Nombre de la Práctica.

Conexión RC en serie.

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de Reactancia capacitiva, impedancia, voltajes y corrientes en una conexión RC en serie.
- ✓ Calcular el ángulo de defasaje entre la corriente I y la tensión V .

3. Materiales y equipos

Tabla 15. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

Número	Descripción	Modelo o Marca
1	Inductores	20 μ F/220V
3	Multímetro digital	DT-5808
1	Resistor	100 Ω /20W
1	Medidor digital de LCR	BK Precision 878B
12	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquemas

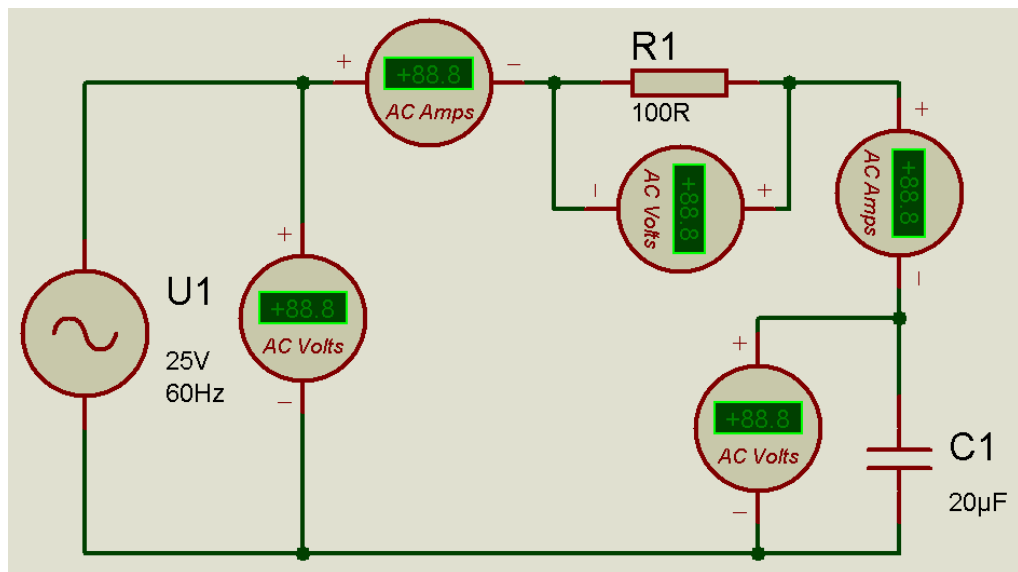


Fig. 31. Conexión serie RC.

5. Sistema categorial

Circuito RC en serie

Al igual que ocurre con las bobinas, los condensadores también presentan especiales características a la hora de trabajar con la corriente alterna. En la primera ilustración dedicada a los condensadores, en la figura 32 podemos observar cómo evolucionan la intensidad y la tensión alterna al ponerse en contacto con la CA.

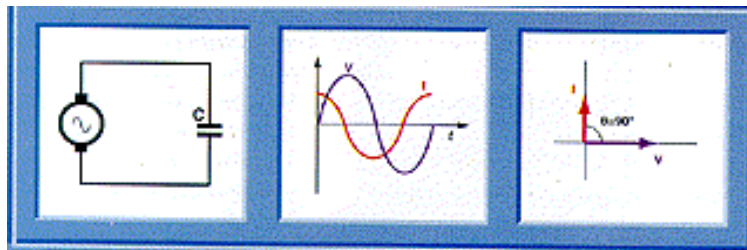


Fig. 32. Conexión de capacitor, diagrama de tiempo y fasores.

Tal y como ocurre con las bobinas se origina un desfase de 90° entre tensión e intensidad, pero a diferencia de lo que ocurriría con los inductores, en este caso es la corriente (I) la que está adelantada con respecto a la tensión (V). En el esquema vectorial podemos ver la figura 33 representada en la gráfica este desfase que, si la capacidad es pura, si no ofrece resistencia alguna, será de 90°.

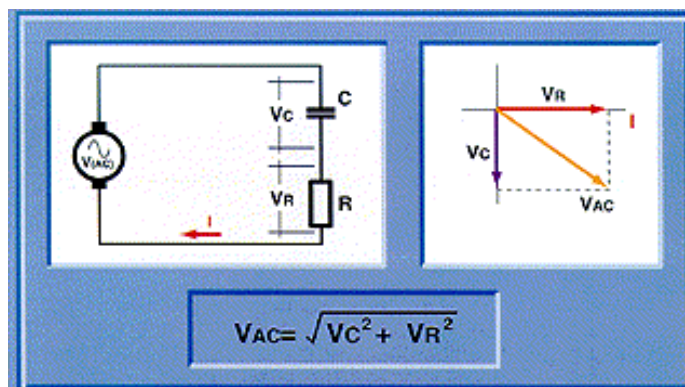


Fig. 33. Conexión serie RC y diagrama vectorial.

Pero la resistencia que ofrece el condensador se puede calcular tal y como hemos explicado en el caso de las bobinas, es decir, calcularíamos en lugar de esta la impedancia que ofrece el citado condensador. La fórmula a emplear es idéntica a la usada para calcular la impedancia (Z) de un circuito inductivo pero utilizando la reactancia capacitiva en lugar de la inductiva, las resistencias estarán desfasadas los citados 90°.

$$I = \frac{V}{\omega C} \quad \text{Ecuación 46}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde:

I	Intensidad	A
V	Tensión	V
f	Frecuencia	Hz
C	Capacitancia	μF
ω	Pulsación	rad/s
X _C	Reactancia Capacitiva	Ω

Para calcular la tensión total deberemos hacer uso de nuevo del cálculo vectorial. Como vemos, la tensión que cae en bornes de la resistencia se encuentra en fase con la intensidad y por el contrario, la tensión que cae en extremos del condensador está desfasada 90 grados con respecto a la anterior. Podemos comprobar aquí que se cumple el retraso de V respecto a I.⁶

6. Procedimiento.

Mida el valor de la resistencia, inductancia y la tensión dada (25V) y calcule la reactancia capacitiva, la impedancia, la corriente total, la tensión en el

⁶ <http://www.geocities.ws/pnavar2/alterna/rc.html>

resistor, la tensión en la capacitancia, la tensión total, la corriente en el resistor, la corriente en la reactancia capacitiva y el ángulo de defasaje.

Arme el circuito del esquema (fig. 31) y verifique las magnitudes calculadas y llene la tabla 16.

Para calcular utilice las siguientes ecuaciones:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad \text{Ecuación 48}$$

$$Z = \sqrt{(R)^2 + (X_C)^2} \quad \text{Ecuación 49}$$

$$I = \frac{V}{Z} \quad V_R = IR \quad V_{XC} = IX_C \quad \text{Ecuación 50}$$

$$V = \sqrt{(V_R)^2 + (V_{XC})^2} \quad \text{Ecuación 51}$$

$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_{XC} = \frac{V}{X_C} \quad \text{Ecuación 52}$$

$$\varphi = \arctg \frac{V_{XC}}{V_R} \quad \text{Ecuación 53}$$

Donde:

Z	Impedancia	Ω	f	Frecuencia	Hz
C	Capacitancia	μF	R	Resistencia	Ω
I	Corriente	A	V_R	Tensión resistor	V
X_C	Reactancia Capacitiva	Ω	φ	Angulo desfasaje	$^\circ$

I_{XC} Corriente reactancia Capacitiva A

V_{XC} Tensión reactancia capacitiva V

Tabla 16. Valores calculados y medidos del circuito RL.

Circuito RL en paralelo			
Magnitudes			Valores
Resistor	Resistencia en Ω	Dada	100
		Medida	101,8
Capacitor	Capacitancia en μF	Dada	20
		Medida	20,6
Reactancia capacitiva en Ω	Calculada		128,7661
Impedancia en Ω	Calculada		164,15
Tensiones calculadas en V	Tensión Resistor		15,5045
	Tensión Reactancia		19,6115
	Tensión Total		25,0000
Tensiones medidas en V	Tensión Resistor		15,3
	Tensión Reactancia		19
	Tensión Dada		24
	Tensión Total		25
Corrientes calculadas en A	Corriente Resistor		0,1523
	Corriente Reactancia		0,1523
	Corriente Total		0,1523
Corrientes medidas en A	Corriente Resistor		0,15
	Corriente Reactancia		0,15
	Corriente Total		0,15
Angulo de defasaje	Calculado		51,67

7. Preguntas de control.

¿Cuál es el comportamiento de un capacitor en corriente alterna? La oposición que un capacitor ofrece a la corriente en un circuito sometido a corriente alterna se llama reactancia capacitiva, se mide en Ohms. La reactancia capacitiva no es una constante sino que varía con la frecuencia y

la capacitancia, es inversamente proporcional a la frecuencia; ósea si se incrementa la frecuencia la reactancia capacitiva decrece y si se disminuye la frecuencia la reactancia capacitiva se incrementa.

La reactancia capacitiva es inversamente proporcional a la capacidad, de ahí que: si aumenta la capacidad la reactancia capacitiva disminuye y si la capacidad disminuye la reactancia capacitiva aumenta.

¿Cuál es el comportamiento de la corriente en el acoplamiento RC en serie?
La intensidad I esta adelantada en $51,67^\circ$ respecto a la tensión V .

PRÁCTICA 7

1. Nombre de la Práctica.

Conexión RC en paralelo.

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de Reactancia capacitiva, impedancia, tensiones y corrientes en una conexión RC en paralelo.
- ✓ Calcular el ángulo de defasaje entre la corriente I y la tensión V .

3. Materiales y equipos

Tabla 17. Materiales y equipos utilizados para la práctica

Número	Descripción	Modelo o Marca
1	Capacitor	20 μ F/220V
3	Multímetro digital	DT-5808
1	Resistor	100 Ω /20W
1	Medidor digital de LCR	BK Precision 878B
12	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquemas

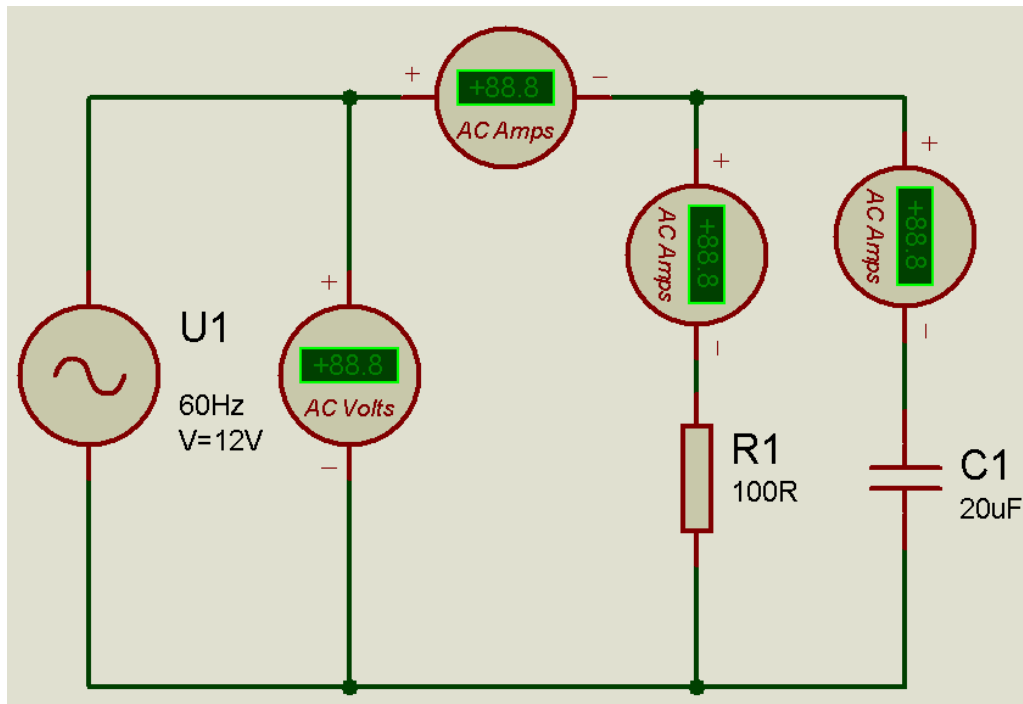


Fig. 34. Conexión paralelo RC.

5. Sistema categorial

Otra forma de conectar y estudiar un conjunto de resistencia y condensador es en montaje paralelo. En la figura 35 podemos ver la representación gráfica del desfase que se origina entre intensidades en este circuito. La intensidad total I_T se calculará mediante la suma vectorial de la intensidad que circula por la resistencia y la que circula por el condensador.

Como sabemos la circulación a través del condensador no es tal ya que si recordamos el comportamiento de los condensadores en CC, estos no hacen, sino cargarse a un determinado potencial. El cambio constante de sentido de la corriente inherente a la CA hace que el condensador desarrolle ciclos de carga y descarga continuos, lo cual en efecto es una circulación de electrones.⁷

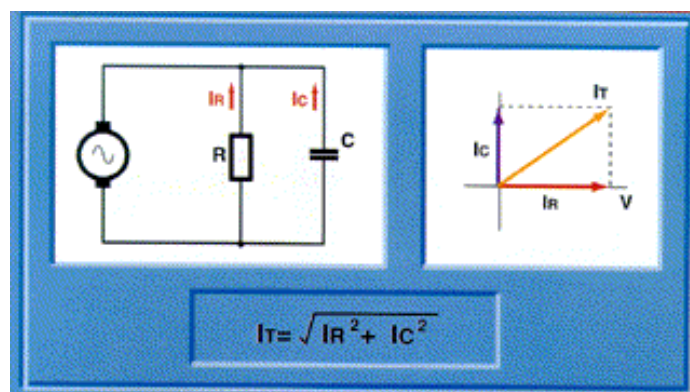


Fig. 35. Esquema de conexión y diagrama fasorial RC en paralelo.

6. Procedimiento.

Mida el valor de la resistencia, inductancia y la tensión dada (12V) y calcule la reactancia inductiva, la impedancia, la corriente total, la corriente en el resistor, la corriente en la reactancia, las tensiones en cada componente y el ángulo de defasaje.

⁷ <http://www.geocities.ws/pnavar2/alterna/rc.html>

Arme el circuito del esquema (fig. 34) y verifique las magnitudes calculadas y llene la tabla 18.

Para calcular utilice las siguientes ecuaciones:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fL} \quad \text{Ecuación 54}$$

$$\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2 \quad Y^2 = G^2 + B^2 \quad \text{Ecuación 55}$$

$$I = \frac{V}{Z} \quad I^2 = I_R^2 + I_{XC}^2 \quad I_{XC} = \frac{V}{X_C} \quad I_R = \frac{V}{R} \quad \text{Ecuación 56}$$

$$V_R = I_R * R \quad V_{XC} = I_{XC} * X_C \quad V = I * Z \quad \text{Ecuación 57}$$

$$\varphi = \arctg \frac{I_{XC}}{I_R} \quad \text{Ecuación 58}$$

Donde:

f	Frecuencia	Hz
C	Capacitancia	μF
Z	Impedancia	Ω
R	Resistencia	Ω
X_C	Reactancia Capacitiva	Ω
I	Corriente	A
I_{XC}	Corriente reactancia Capacitiva	A
I_R	Corriente en la resistencia	A
V_R	Tensión resistor	V
V_{XC}	Tensión reactancia capacitiva	V
φ	Angulo desfasaje	$^\circ$

Tabla 18. Valores calculados y medidos del circuito RL.

Circuito RL en paralelo			
Magnitudes			Valores
Resistor	Resistencia en Ω	Dada	100
		Medida	101,8
Capacitor	Capacitancia en μF	Dada	20
		Medida	20,6
Reactancia capacitiva en Ω	Calculada		128,7661
Impedancia en Ω	Calculada		79,8581
Corrientes calculadas en A	Corriente Resistor		0,2456
	Corriente Reactancia		0,1942
	Corriente Total		0,3131
Tensiones medidas en V	Tensión Resistor		25
	Tensión Reactancia		25
	Tensión Dada		24
	Tensión Total		25
Tensiones calculadas en V	Tensión Resistor		25,0
	Tensión Reactancia		25,0
	Tensión Total		25,0
Corrientes medidas en A	Corriente Resistor		0,22
	Corriente Reactancia		0,19
	Corriente Total		0,30
Angulo de defasaje	Calculado		38,33

7. Preguntas de control.

¿Cuál es el comportamiento de la corriente en el acoplamiento RC en paralelo?

La intensidad I se adelanta en $38,33^\circ$ respecto a la corriente en el resistor.

PRÁCTICA 8

1. Nombre de la Práctica.

Conexión RLC en serie.

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de Reactancia capacitiva, reactancia inductiva e impedancia, tensiones y corrientes en una conexión RLC en serie.
- ✓ Calcular el ángulo de defasaje en el circuito entre la corriente I y la tensión V .

3. Materiales y equipos

Tabla 19. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

Número	Descripción	Modelo o Marca
1	Resistor	100Ω/20W
1	Inductor	121mH/ 31Ω
1	Capacitor	20 μF/220V
3	Multímetro digital	DT-5808
1	Medidor digital de LCR	BK Precision 878B
17	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquemas

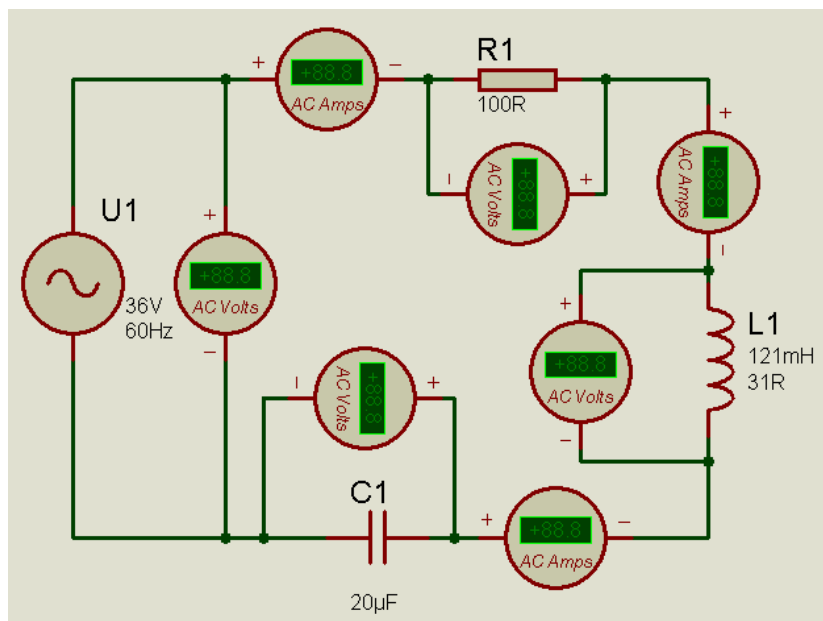


Fig. 36. Conexión serie RLC.

5. Sistema categorial

Circuito LCR en serie

Los circuitos que combinan elementos resistivos, capacitivos y resistivos casi todos los circuitos electrónicos prácticos se basan en estos componentes principales, se resuelven aplicando combinaciones de las fórmulas anteriormente descritas. En la práctica, la Ley de Ohm no puede utilizarse como si fuese un circuito de corriente continua y se utiliza la llamada Ley de Ohm para corriente alterna.

Si dibujamos el diagrama de vectores considerando:

- ✓ Que la intensidad que pasa por todos los elementos es la misma.
- ✓ Que la suma (vectorial) de las diferencias de potencial entre los extremos de los tres elementos nos da la diferencia de potencial en el generador de corriente alterna.

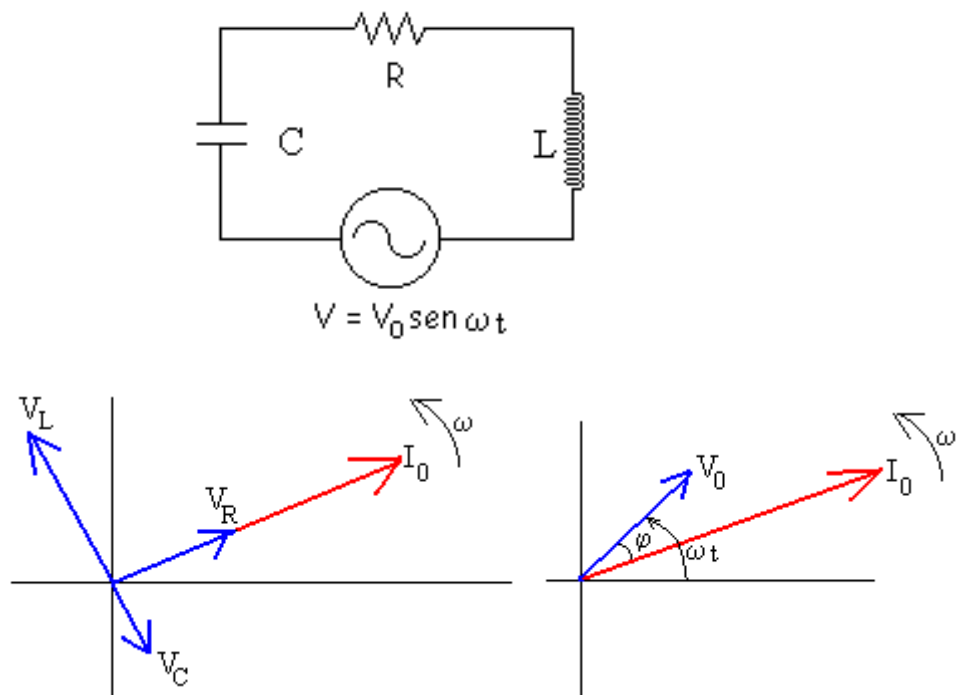


Fig. 37. Esquema de conexión, diagrama fasorial de tensiones y diagrama fasorial de V e I.

El vector resultante de la suma de los tres vectores es:

$$V_o = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = I_o \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad \text{Ecuación 59}$$

Se denomina impedancia del circuito al término

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad \text{Ecuación 60}$$

De modo que se cumpla una relación análoga a la de los circuitos de corriente continua.

$$V_o = I_o Z \quad \text{Ecuación 61}$$

El ángulo que forma el vector resultante de longitud V_o con el vector que representa la intensidad I_o es:

$$\tan \varphi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad \text{Ecuación 62}$$

Las expresiones de la fem y de la intensidad del circuito son:

$$v = V_o \sin(\omega t) \quad \text{Ecuación 63}$$

$$i = I_o \sin(\omega t - \varphi) \quad \text{Ecuación 64}$$

La intensidad de la corriente en el circuito está atrasada un ángulo φ respecto de la fem que suministra el generador⁸.

6. Procedimiento.

Mida el valor de la resistencia, inductancia y el voltaje dado (36V) y calcule la reactancia inductiva, la impedancia, la corriente total, la tensión en el

⁸

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/induccin/alterna1/alterna1.htm#Circuito%20LCR%20en%20serie>

resistor, la tensión en la reactancia, la tensión total, la corriente en el resistor, la corriente en la reactancia y el ángulo de defasaje.

Arme el circuito del esquema (fig. 36) y verifique las magnitudes calculadas y llene la tabla 20.

Para calcular utilice las siguientes ecuaciones:

$$X_L = 2\pi fL \quad X_C = \frac{1}{2\pi fL} \quad \text{Ecuación 65}$$

$$Z = \sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{Ecuación 66}$$

$$V_R = I * R \quad V_{XL} = I * X_L \quad V_{XC} = I * X_C \quad \text{Ecuación 67}$$

$$V = \sqrt{(V_R)^2 + (V_{XL} - V_{XC})^2} \quad \text{Ecuación 68}$$

$$I_{XL} = \frac{V_{XL}}{X_L} \quad I_R = \frac{V_R}{R} \quad I_{XC} = \frac{V_{XC}}{X_C} \quad \text{Ecuación 69}$$

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} \quad \text{Ecuación 70}$$

Donde:

f	Frecuencia	Hz
C	Capacitancia	μF
Z	Impedancia	Ω
R	Resistencia	Ω
X_C	Reactancia Capacitiva	Ω
X_L	Reactancia Inductiva	Ω
I	Corriente	A
I_R	Corriente en la resistencia	A

I_{XL}	Corriente reactancia Inductiva	A
I_{XC}	Corriente reactancia Capacitiva	A
V	Tensión de la fuente	V
V_R	Tensión en el resistor	V
V_{XL}	Tensión reactancia inductiva	V
V_{XC}	Tensión reactancia capacitiva	V
φ	Angulo desfasaje	°

Tabla 20. Valores calculados y medidos del circuito RL.

Circuito RLC en serie			
Magnitudes			Valores
Resistor	Resistencia en Ω	Dada	100
		Medida	101,8
Inductor	Resistencia en Ω	Dada	31
		Medida	31,9
	Inductancia en mH	Dada	121
		Medida	121,9
Reactancia Inductiva en Ω	Calculada		45,9552
Capacitor	Capacitancia en μF	Dada	20
		Medida	20,6
Reactancia capacitiva en Ω	Calculada		128,7661
Impedancia en Ω	Calculada		131,23
Tensiones calculados en V	Tensión Resistor		32,4262
	Tensión Reactancia Inductiva		14,6381
	Tensión Reactancia Capacitiva		41,0157
	Tensión Total		41,8000

Tensiones medidas en V	Tensión Resistor	32,2
	Tensión Reactancia Inductiva	14,2
	Tensión Reactancia Capacitiva	41
	Tensión Dada	36
	Tensión Total	41,8
Corrientes calculadas en A	Corriente Resistor	0,3185
	Corriente Reactancia Inductiva	0,3185
	Corriente Reactancia Capacitiva	0,3185
	Corriente Total	0,3185
Corrientes medidas en A	Corriente Resistor	0,31
	Corriente Reactancia Inductiva	0,31
	Corriente Reactancia Capacitiva	0,31
	Corriente Total	0,31
Angulo de defasaje	Calculado	-39,13

7. Preguntas de control.

¿Cuál es el comportamiento de un circuito RLC en serie sometido a corriente alterna? El capacitor y el inductor tienen efectos opuestos. En un inductor la corriente se retrasa y en un capacitor la corriente se adelanta al voltaje aplicado. Es decir si la reactancia inductiva es mayor que la capacitiva, el circuito es inductivo y la corriente se retrasa respecto al voltaje aplicado; y si la reactancia capacitiva es mayor que la reactancia inductiva, el circuito es capacitivo y la corriente se adelanta a la tensión aplicada al circuito.

¿Cómo reconocer en un circuito RLC en serie cual es el comportamiento del circuito? Si la reactancia inductiva es mayor que la reactancia capacitiva, el

ángulo es positivo y si la reactancia capacitiva es mayor que la reactancia inductiva el ángulo es negativo.

¿Cuál es el comportamiento de la corriente en el acoplamiento RL en serie?
La intensidad I se adelanta en $39,13^\circ$ respecto a la tensión aplicada al circuito.

PRÁCTICA 9

1. Nombre de la Práctica.

Conexión RLC en paralelo.

2. Objetivos:

- ✓ Realizar el cálculo y verificación de los valores de Reactancia capacitiva, reactancia inductiva e impedancia, tensiones y corrientes en una conexión RLC en serie.
- ✓ Calcular el ángulo de defasaje en el circuito entre la corriente I y la tensión V .

3. Materiales y equipos

Tabla 21. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

Número	Descripción	Modelo o Marca
1	Resistor	100 Ω /20W
1	Inductor	121mH/ 31 Ω
1	Capacitor	20 μ F/220V
3	Multímetro digital	DT-5808
1	Medidor digital de LCR	BK Precision 878B
18	Cables de conexión doble banana	40 cm

4. Esquemas

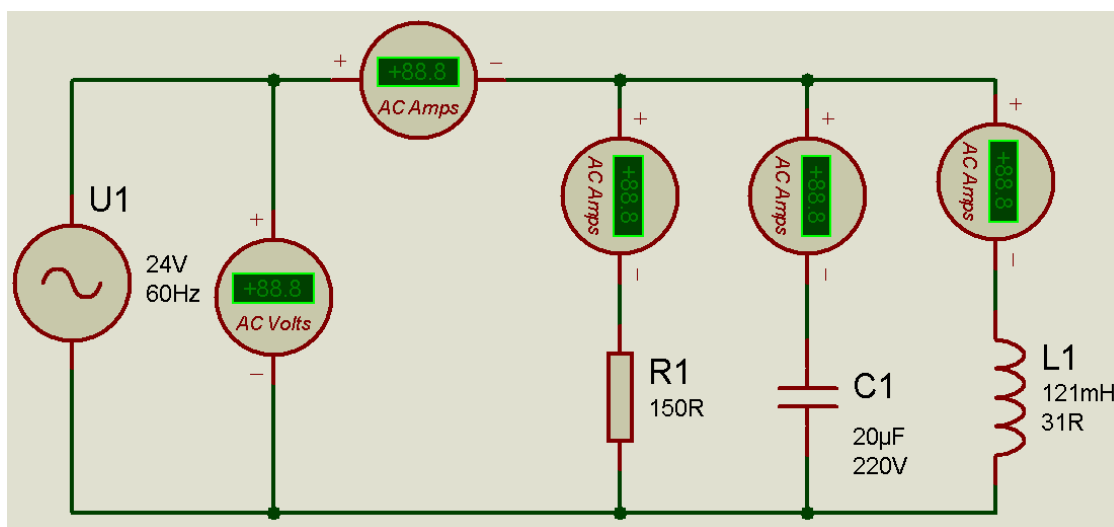


Fig. 38. Conexión paralelo RC.

5. Sistema categorial

El cálculo de la impedancia de un circuito RLC paralelo es considerablemente más difícil que el cálculo de la impedancia del circuito RLC serie. Esto se debe a que cada rama del circuito tiene su propio ángulo de fase y estos no se pueden combinar de una manera simple. La combinación de ramas de impedancias paralelas, se realiza de la misma manera que las resistencias paralelas.

En un circuito RLC que presenta los tres elementos conectados en paralelo, la tensión total aplicada al circuito es la misma que la que tenemos en bornes de cada elemento, mientras que la intensidad que circula para cada uno de ellos es distinta y depende de los efectos de la R, de la L y de la C.

En la conexión de XL, XC y R también podemos distinguir los tres casos siguientes:

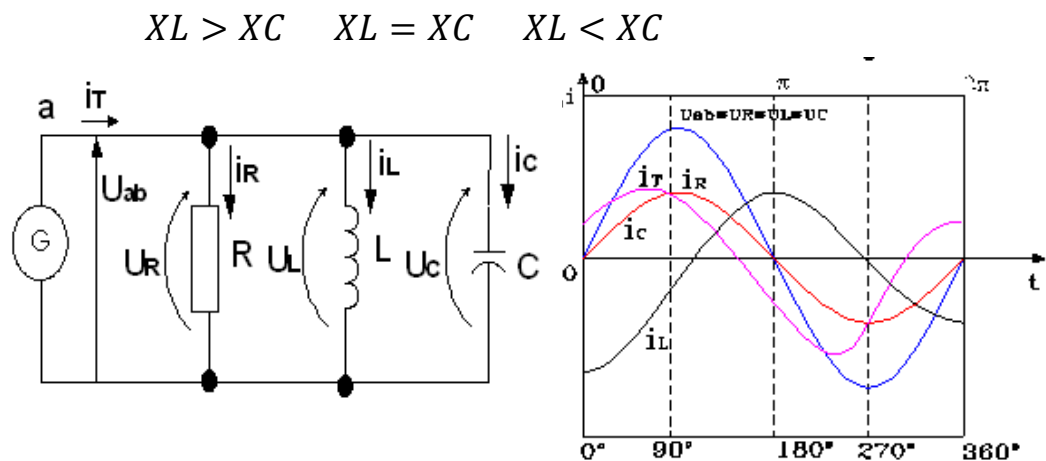


Fig. 39. Conexión paralelo RC. Esquema y diagrama de tiempo

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Reactancia Capacitiva

Ecuación 71

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \quad \text{Reactancia Inductiva} \quad \text{Ecuación 72}$$

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2} \quad \text{Impedancia cuando } X_L < X_C \quad \text{Ecuación 73}$$

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2} \quad \text{Impedancia cuando } X_L > X_C \quad \text{Ecuación 74}$$

$$i = \frac{U_{ab}}{Z} \quad \text{Ecuación 75}$$

$$I_C = \frac{1}{X_C} \quad \text{Ecuación 76}$$

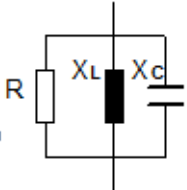
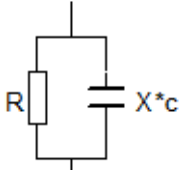
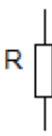
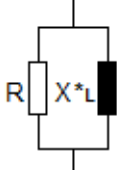
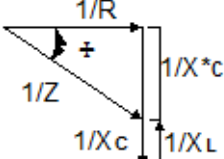
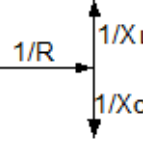
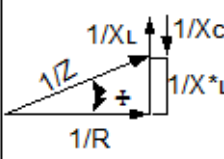
$$I_L = \frac{1}{X_L} \quad \text{Ecuación 77}$$

$$I_R = \frac{U}{R} \quad \text{Ecuación 78}$$

$$\text{tg}\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} \quad \text{Ecuación 79}$$

Los tres casos posibles en la conexión en paralelo de R, L, C.

Tabla 22. Materiales y equipos utilizados para la práctica.

	$X_L > X_C$	$X_L = X_C$	$X_L < X_C$
	 <p>La corriente total estará adelantado menos de 90 grados respecto a la tensión</p>	 <p>La corriente total está en fase con la tensión</p>	 <p>La corriente total estará retrasado menos de 90 grados respecto a la tensión</p>
			

6. Procedimiento.

Mida el valor de la resistencia, inductancia, capacitancia, la tensión dada (24V) y calcule la reactancia inductiva, la reactancia capacitiva, la impedancia, la corriente total, la corriente en cada componente del circuito, la tensión en el resistor, las tensiones en las reactancias, la tensión total y el ángulo de defasaje.

Arme el circuito del esquema (fig. 38) y verifique las magnitudes calculadas y llene la tabla 23.

Para calcular utilice las siguientes ecuaciones:

$$X_L = 2\pi fL \quad X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad \text{Ecuación 80}$$

$$\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2 \quad \text{Ecuación 81}$$

$$Y^2 = G^2 + (BL - BC)^2 \quad \text{Ecuación 82}$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_{XL} - I_{XC})^2} \quad I = V/Z \quad \text{Ecuación 83}$$

$$I_{XL} = \frac{V}{X_L} \quad I_R = \frac{V}{R} \quad I_{XC} = \frac{V}{X_C} \quad \text{Ecuación 84}$$

$$V_R = I_R * R \quad V_{XL} = I_{XL} * X_L \quad V_{XC} = I_{XC} * X_C \quad \text{Ecuación 85}$$

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} \quad \text{Ecuación 86}$$

Donde:

f	Frecuencia	Hz
C	Capacitancia	μF
Z	Impedancia	Ω

R	Resistencia	Ω
X_C	Reactancia Capacitiva	Ω
X_L	Reactancia Inductiva	Ω
I	Corriente	A
I_R	Corriente en la resistencia	A
I_{XL}	Corriente reactancia Inductiva	A
I_{XC}	Corriente reactancia Capacitiva	A
V	Tensión de la fuente	V
V_R	Tensión resistor	V
V_{XL}	Tensión reactancia inductiva	V
V_{XC}	Tensión reactancia capacitiva	V
φ	Ángulo desfasaje	°

Tabla 23. Valores calculados y medidos del circuito RL.

Circuito RLC en paralelo			
Magnitudes			Valores
Resistor	Resistencia en Ω	Dada	150
		Medida	147,1
Inductor	Resistencia en Ω	Dada	31
		Medida	31,9
	Inductancia en mH	Dada	121
		Medida	121,9
Reactancia Inductiva en Ω	Calculada		45,9552
Capacitor	Capacitancia en μF	Dada	20
		Medida	20,6
Reactancia capacitiva en Ω	Calculada		128,7661
Impedancia en Ω	Calculada		64,28

Tensiones calculadas en V	Tensión Resistor	41,8000
	Tensión Reactancia Inductiva	41,8000
	Tensión Reactancia Capacitiva	41,8000
	Tensión Total	41,8000
Tensiones medidas en V	Tensión Resistor	41,8
	Tensión Reactancia Inductiva	41,8
	Tensión Reactancia Capacitiva	41,8
	Tensión Total Dada	36
	Tensión Total	41,8
Corrientes calculadas en A	Corriente Resistor	0,2842
	Corriente Reactancia Inductiva	0,9096
	Corriente Reactancia Capacitiva	0,3246
	Corriente Total	0,6263
Corrientes medidas en A	Corriente Resistor	0,25
	Corriente Reactancia Inductiva	0,95
	Corriente Reactancia Capacitiva	0,31
	Corriente Total	0,61
Angulo de defasaje	Calculado	-64,09

7. Preguntas de control.

¿Cuál es el defasaje que presentan las corrientes inductiva y capacitiva en un circuito RLC en paralelo? Las corrientes están desfasadas aproximadamente 180° dado que una carga es capacitiva y la otra inductiva, por lo que tienden a cancelarse entre sí y la corriente total es la suma fasorial de la corriente inductiva menos la corriente capacitiva.

¿Cuál es el comportamiento de la corriente en el acoplamiento RLC en paralelo?

La intensidad I se retrasa en $64,09^\circ$ respecto a la tensión V .

G. CONCLUSIONES

- ✓ Se diseñó y construyó un tablero didáctico para realizar prácticas de corriente alterna que consta de fuente de corriente alterna, resistores, inductores, capacitores e instrumentos de medida.
- ✓ El banco se diseñó para tener un fácil acceso a los elementos internos para una inspección física y un fácil manejo de ellos sin tener incomodidades en el caso de cualquier tipo de mantenimiento.
- ✓ Se realizó una guía de prácticas, las cuales están estructuradas siguiendo una secuencia lógica para facilitar el aprendizaje de la corriente alterna.
- ✓ Se verificó que cuando se combinan componentes o elementos R, L y C y se les aplica corriente alterna los ángulos de defasaje son diferentes, así por ejemplo: en una resistencia conectada a una fuente de tensión la caída de tensión en sus extremos estará en fase con la corriente, en una inductancia conectada a una fuente de tensión la caída de tensión en sus extremos estará 90° en desfase (adelanto) con respecto a la corriente y en un condensador conectado a una fuente de tensión la caída de tensión en sus extremos estará 90° en desfase (retraso) con respecto a la corriente.

H. RECOMENDACIONES

- ✓ El diseño y construcción del equipo se debe centrar principalmente en la selección y ubicación de los diferentes tipos de protección que garanticen la seguridad de los elementos internos del equipo, instrumentos de medición externos y además que protejan a las personas de los accidentes que se puedan producir por descuido o error de manipulación de un instrumento o práctica que se esté realizando.
- ✓ Antes de energizar los circuitos, se debe hacer una revisión en las conexiones del mismo.
- ✓ Medir los diferentes componentes con instrumentos digitales y tener precaución en la alimentación principal del tablero, este se alimenta a una tensión de 120 voltios.

I. BIBLIOGRAFÍA

Libros

- ✓ Alcalde Pablo. 2004. Electricidad y Electrónica. Electrónica General. Primera Edición. Editorial Thomson-Paraninfo. Madrid España. 309 páginas.
- ✓ Calvet Alberto. 1973. Electrotecnia. Leyes Generales y Máquinas. Editorial Blume. Barcelona España. 359 páginas.
- ✓ Floyd Thomas. 2007 Principios de Circuitos Eléctricos. Octava Edición. Editorial Pearson. USA. 967 páginas.
- ✓ Hubscher H., Klaue J. 1987. Electrotecnia de Potencia. Curso Superior. Edición Especial. Editorial Reverté S.A. Barcelona España. 411 páginas.
- ✓ Roldán José. 2002. Prontuario Básico de Electricidad. Primera Edición. Editorial Thomson-Paraninfo. Madrid España. 326 páginas.
- ✓ Zbar Paúl, Gordon Rockmaker y Bates David. 2005. Prácticas de Electricidad. Séptima Edición. Editorial Alfaomega. México. 482 páginas.

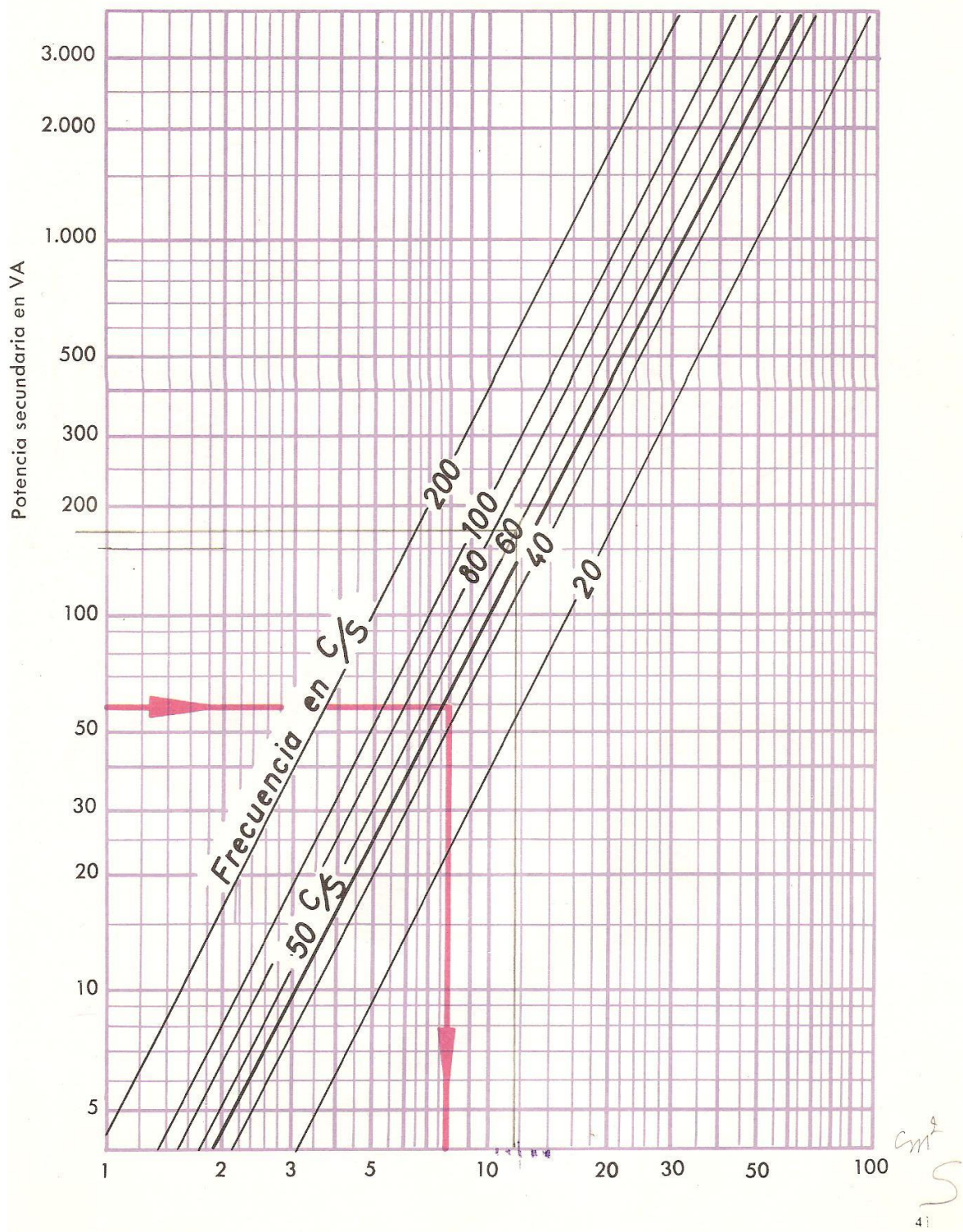
Internet:

- ✓ http://centros5.pntic.mec.es/ies.de.rivas.vaciamadrid/tecnologia/electrotecnica/www.extremadurasi.org/contenidos_docentes/electro/t5.htm
- ✓ http://clasev.net/v2/pluginfile.php/61540/mod_resource/content/1/elementos-circuito-electrico.pdf
- ✓ <http://www.geocities.ws/pnavar2/alterna/rl.html>
- ✓ <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/inducccion/alterna1/alterna1.htm#Circuito%20LCR%20en%20serie>

J. ANEXOS

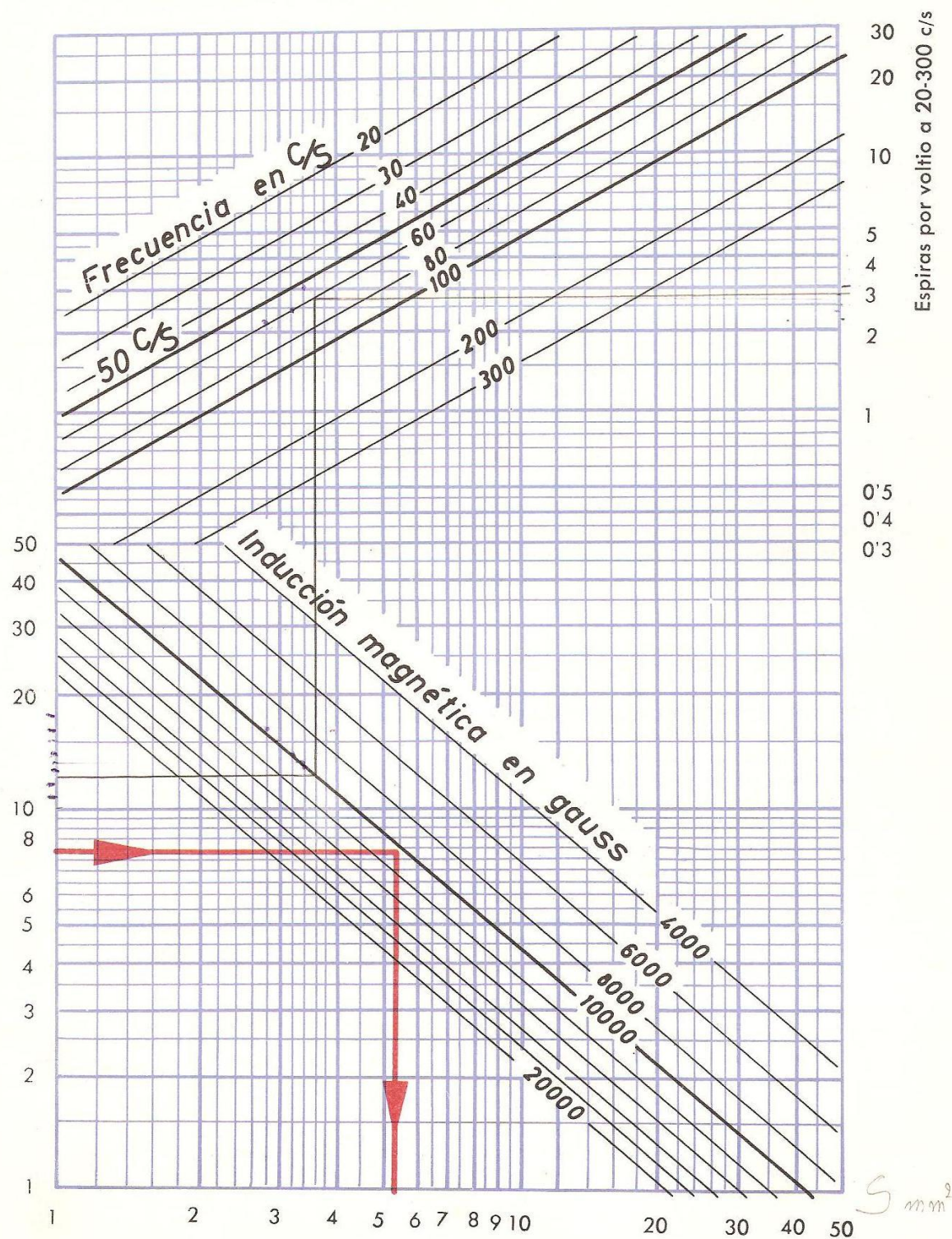
Anexo 1 Ábaco I

ABACO I. Cálculo de la sección del núcleo

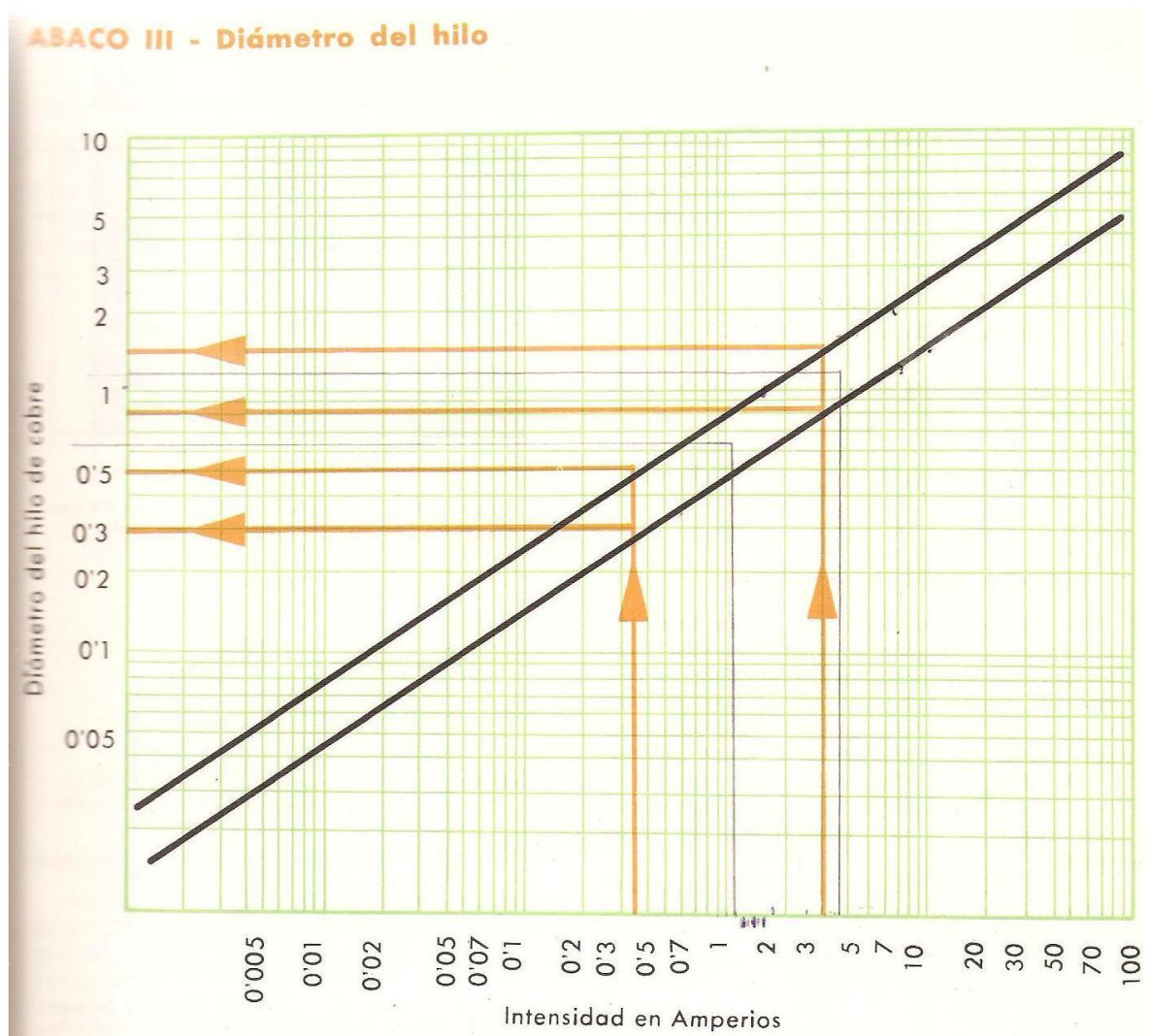


Anexo 2 Ábaco II

BACO II. Espiras por voltio



Anexo 3 Ábaco III

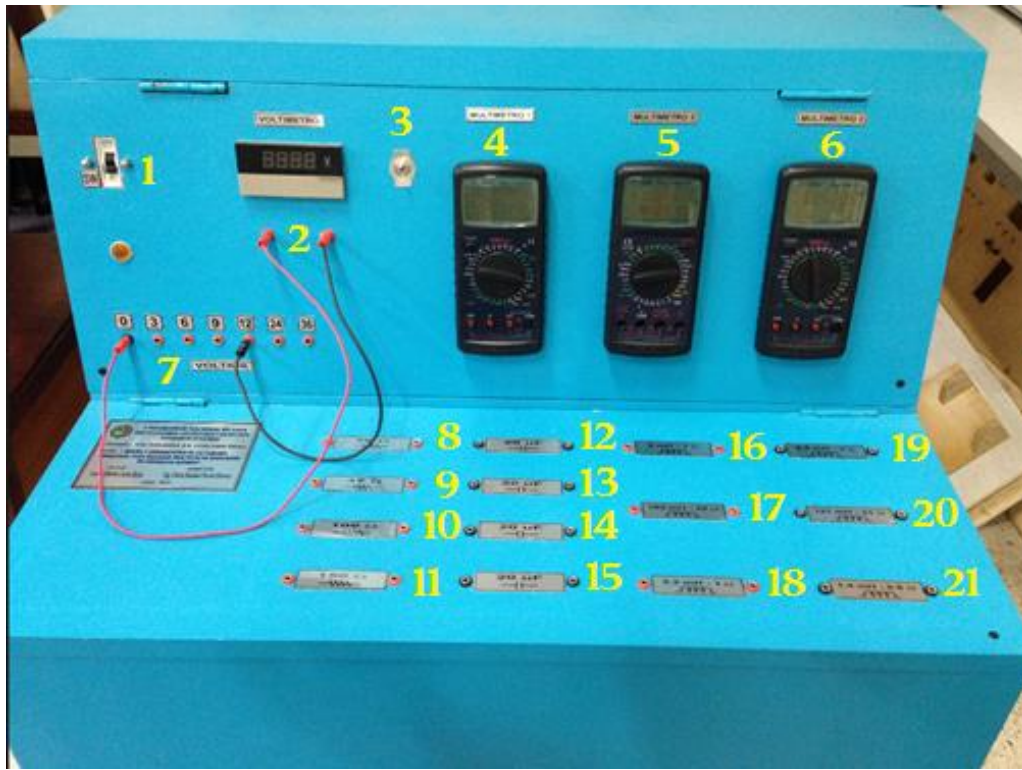


Anexo 4 Tabla de conductores esmaltados

Número AWG	Diámetro mm	sección mm ²	N° Espiras X Cm ²	Peso en kg*km	Resistencia Ωm ² /km	Capacidad A
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,4	85,3			0,187	240
00	9,228	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	0,4	120
2	6,544	33,63		295	0,5	96
3	6,827	26,67		237	0,63	78
4	5,189	21,15		188	0,8	60
5	4,621	16,77		149	1,01	40
6	4,115	13,3		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,7	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,508	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6
15	1,45	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,15	1,04	8,4	8,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,723	0,41	12,8	3,64	41,48	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,2	18	1,82	85	0,58
25	0,4547	0,16	20	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,1	25,6	0,91	170	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,04	39,8	0,36	425	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	56	0,23	649,3	0,022
34	0,1601	0,0201	56	0,18	815,8	0,057

35	0,1426	0,0159	62	0,14	1069,3	0,046
36	0,127	0,0127	69	0,1	1338	0,036
37	0,1131	0,01	70	0,089	1700	0,028
38	0,1007	0,0079	82	0,07	2152	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696	0,017
40	0,0799	0,005	111	0,044	3400	0,014
41	0,0711	0,001	126,8	0,035	4250	0,011
42	0,0633	0,0032	138	0,028	5312	0,009
43	0,0564	0,0025	156	0,022	6800	0,007
44	0,0593	0,002	169	0,018	8500,09	0,005

Anexo 5 Dispositivos del tablero didáctico



1. Breaker de 5 A
2. Voltímetro digital
3. Interruptor del transformador
4. Multímetro digital 1
5. Multímetro digital 2
6. Multímetro digital 3
7. Salidas de voltaje AC (3, 6, 9, 12, 24 y 36 V)
8. Resistor de 20 Ω , 20 W
9. Resistor de 47 Ω , 20 W
10. Resistor de 100 Ω , 20 W
11. Resistor de 150 Ω , 20 W
12. Capacitor de 20 μF , 220 V
13. Capacitor de 20 μF , 220 V
14. Capacitor de 20 μF , 220 V
15. Capacitor de 20 μF , 220 V
16. Inductor de 9 mH, 3 Ω
17. Inductor de 103 mH, 28 Ω
18. Inductor de 2.2 mH, 1 Ω
19. Inductor de 9.6 mH, 3 Ω
20. Inductor de 121 mH, 31 Ω
21. Inductor de 1.4 mH, 0.6 Ω

Anexo 6 Proyecto